



#4
PATENT
450100-02561

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicants : Tetsujiro KONDO et al.
Serial No. : 09/583,250
Filed : May 31, 2000
For : IMAGE PROCESSING APPARATUS, IMAGE PROCESSING
METHOD, NOISE-AMOUNT ESTIMATE APPARATUS,
NOISE-AMOUNT ESTIMATE METHOD, AND STORAGE
MEDIUM
Art Unit : 2721

745 Fifth Avenue
New York, New York 10151
Tel. (212) 588-0800

I hereby certify that this correspondence is being
deposited with the United States Postal Service as
first class mail in an envelope addressed to:
Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231, on September 19, 2000

Gordon Kessler, Reg. No. 38,511
Name of Applicant, Assignee or
Registered Representative

Gordon Kessler
Signature

September 19, 2000
Date of Signature

CLAIM OF PRIORITY

Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

In support of the claim of priority under 35. U.S.C.
§ 119 asserted in the Declaration accompanying the above-entitled
application, as filed, please find enclosed herewith a certified
copy of Japanese Application No. 11-153354, filed in Japan on 1
June 1999 forming the basis for such claim.

PATENT
450100-02561

Acknowledgment of the claim of priority and of the
receipt of said certified copy(s) is requested.

Respectfully submitted,

FROMMER LAWRENCE & HAUG LLP
Attorneys for Applicants

By: Gordon Kessler
Gordon Kessler
Reg. No. 38,511
Tel. (212) 588-0800

Enclosure(s)

500P0653 US00

日本特許庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application:

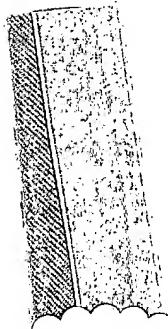
1999年 6月 1日

出願番号
Application Number:

平成11年特許願第153354号

出願人
Applicant (s):

ソニー株式会社

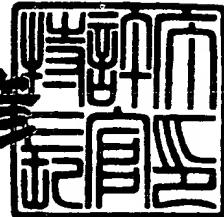


CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2000年 4月 14日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近藤 隆彦



出証番号 出証特2000-3025982

【書類名】 特許願
【整理番号】 9801096204
【提出日】 平成11年 6月 1日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H04N 5/21
【発明者】
【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6丁目 7番 35号 ソニー株式会社
内
【氏名】 近藤 哲二郎
【発明者】
【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6丁目 7番 35号 ソニー株式会社
内
【氏名】 小林 直樹
【特許出願人】
【識別番号】 000002185
【氏名又は名称】 ソニー株式会社
【代表者】 出井 伸之
【代理人】
【識別番号】 100082131
【弁理士】
【氏名又は名称】 稲本 義雄
【電話番号】 03-3369-6479
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 032089
【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9708842

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 画像処理装置および画像処理方法、並びにノイズ量推定装置およびノイズ量推定方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力画素を処理し、その処理結果としての出力画素を出力する画像処理装置であって、

前記入力画素の信頼性を表す入力信頼度を計算する入力信頼度計算手段と、

前記出力画素の信頼性を表す出力信頼度を計算する出力信頼度計算手段と、

前記入力画素の動き量を検出する動き量検出手段と、

前記入力画素の動き量に基づいて、前記出力信頼度を補正する補正手段と、

前記入力信頼度および補正された出力信頼度に基づいて、前記入力画素を処理し、前記出力画素を出力する処理手段と

を含むことを特徴とする画像処理装置。

【請求項2】 前記動き量検出手段は、注目している入力画素を含む所定のブロックを構成する入力画素それぞれと、そのブロックと同一位置にある、隣接する画面のブロックを構成する入力画素それぞれとの差分に基づいて、注目している入力画素の動き量を求める

ことを特徴とする請求項1に記載の画像処理装置。

【請求項3】 前記動き量検出手段は、注目している入力画素を含む所定のブロックを構成する入力画素のうち、注目している入力画素との差分値が所定の閾値以内のもののみを用いて、前記動き量を求める

ことを特徴とする請求項2に記載の画像処理装置。

【請求項4】 前記動き量検出手段は、前記差分の平均値に基づいて、前記動き量を求める

ことを特徴とする請求項2に記載の画像処理装置。

【請求項5】 前記入力画素に含まれるノイズ量を推定するノイズ量推定手段をさらに含み、

前記入力信頼度計算手段は、前記ノイズ量に基づいて、前記入力信頼度を計算する

ことを特徴とする請求項1に記載の画像処理装置。

【請求項6】 前記ノイズ量推定手段は、

1 画面を構成する前記入力画素それぞれについて、各入力画素を含む局所領域における分散を計算する分散計算手段と、

1 画面を構成する前記入力画素それぞれについての前記分散のヒストグラムを生成するヒストグラム生成手段と、

前記ヒストグラムに基づいて、前記入力画素に含まれるノイズ量を求めるノイズ量算出手段と

を有する

ことを特徴とする請求項5に記載の画像処理装置。

【請求項7】 前記ノイズ量算出手段は、前記ヒストグラムのピーク値を求め、そのピーク値を与える前記分散に対応する値を、前記ノイズ量として求めることを特徴とする請求項6に記載の画像処理装置。

【請求項8】 前記入力信頼度および補正された出力信頼度に基づいて、所定の重み係数を求める重み係数算出手段をさらに含み、

前記処理手段は、注目している前記入力画素である注目入力画素と、その注目入力画素に対応する、前の画面の前記出力画素とを、前記重み係数を重みとして重み付け加算し、その加算値を、前記注目入力画素に対する前記出力画素として出力する

ことを特徴とする請求項1に記載の画像処理装置。

【請求項9】 入力画素を処理し、その処理結果としての出力画素を出力する画像処理方法であって、

前記入力画素の信頼性を表す入力信頼度を計算する入力信頼度計算ステップと

前記出力画素の信頼性を表す出力信頼度を計算する出力信頼度計算ステップと

前記入力画素の動き量を検出する動き量検出ステップと、

前記入力画素の動き量に基づいて、前記出力信頼度を補正する補正ステップと

前記入力信頼度および補正された出力信頼度に基づいて、前記入力画素を処理し、前記出力画素を出力する処理ステップと
を含むことを特徴とする画像処理方法。

【請求項10】 1画面を構成する各画素に含まれるノイズ量を推定するノイズ量推定装置であって、

1画面を構成する画素それぞれについて、各画素を含む局所領域における分散を計算する分散計算手段と、

1画面を構成する画素それぞれについての前記分散のヒストグラムを生成するヒストグラム生成手段と、

前記ヒストグラムに基づいて、前記画素に含まれるノイズ量を求めるノイズ量算出手段と

を含むことを特徴とするノイズ量推定装置。

【請求項11】 前記ノイズ量算出手段は、前記ヒストグラムのピーク値を求め、そのピーク値を与える前記分散に対応する値を、前記ノイズ量として求め
ることを特徴とする請求項10に記載のノイズ量推定装置。

【請求項12】 1画面を構成する各画素に含まれるノイズ量を推定するノイズ量推定方法であって、

1画面を構成する画素それぞれについて、各画素を含む局所領域における分散を計算する分散計算ステップと、

1画面を構成する画素それぞれについての前記分散のヒストグラムを生成するヒストグラム生成ステップと、

前記ヒストグラムに基づいて、前記画素に含まれるノイズ量を求めるノイズ量算出ステップと

を含むことを特徴とするノイズ量推定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、画像処理装置および画像処理方法、並びにノイズ量推定装置および

ノイズ量推定方法に関し、特に、例えば、動画像等のデータに含まれるノイズの除去を、より効果的に行うことができるようとする画像処理装置および画像処理方法、並びにノイズ量推定装置およびノイズ量推定方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

例えば、伝送や再生等された画像データや音声データなどのデータには、一般に、時間的に変動するノイズが含まれているが、データに含まれるノイズを除去する方法としては、従来より、入力データ全体の平均（以下、適宜、全平均という）や、入力データの局所的な平均である移動平均を求めるものなどが知られている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、全平均を計算する方法は、データに含まれるノイズの度合い、即ち、データの S/N (Signal/Noise) が一定である場合は有効であるが、データの S/N が変動する場合には、S/N の悪いデータが、S/N の良いデータに影響し、効果的にノイズを除去することが困難となることがある。

【0004】

また、移動平均を計算する方法では、入力されたデータから時間的に近い位置にあるデータの平均が求められるため、その処理結果は、データの S/N の変動の影響を受ける。即ち、データの S/N の良い部分については、処理結果の S/N も良くなるが、S/N の悪い部分については、処理結果の S/N も悪くなる。

【0005】

さらに、ノイズを除去する対象が、動画像の画像データである場合には、動きがあるため、各フレームの同一位置にある画素の全平均や移動平均を求めても、有効に、ノイズを除去することが困難なことがある。

【0006】

本発明は、このような状況に鑑みてなされたものであり、特に、動画像について、その画像データに含まれるノイズの度合いが一定の場合だけでなく、時間的に変動する場合であっても、そのノイズを、効果的に除去することができるよう

にするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明の画像処理装置は、入力画素の信頼性を表す入力信頼度を計算する入力信頼度計算手段と、出力画素の信頼性を表す出力信頼度を計算する出力信頼度計算手段と、入力画素の動き量を検出する動き量検出手段と、入力画素の動き量に基づいて、出力信頼度を補正する補正手段と、入力信頼度および補正された出力信頼度に基づいて、入力画素を処理し、出力画素を出力する処理手段とを含むことを特徴とする。

【0008】

本発明の画像処理方法は、入力画素の信頼性を表す入力信頼度を計算する入力信頼度計算ステップと、出力画素の信頼性を表す出力信頼度を計算する出力信頼度計算ステップと、入力画素の動き量を検出する動き量検出ステップと、入力画素の動き量に基づいて、出力信頼度を補正する補正ステップと、入力信頼度および補正された出力信頼度に基づいて、入力画素を処理し、出力画素を出力する処理ステップとを含むことを特徴とする。

【0009】

本発明のノイズ量推定装置は、1画面を構成する画素それぞれについて、各画素を含む局所領域における分散を計算する分散計算手段と、1画面を構成する画素それぞれについての分散のヒストグラムを生成するヒストグラム生成手段と、ヒストグラムに基づいて、画素に含まれるノイズ量を求めるノイズ量算出手段とを含むことを特徴とする。

【0010】

本発明のノイズ量推定方法は、1画面を構成する画素それぞれについて、各画素を含む局所領域における分散を計算する分散計算ステップと、1画面を構成する画素それぞれについての分散のヒストグラムを生成するヒストグラム生成ステップと、ヒストグラムに基づいて、画素に含まれるノイズ量を求めるノイズ量算出ステップとを含むことを特徴とする。

【0011】

本発明の画像処理装置および画像処理方法においては、入力画素の信頼性を表す入力信頼度と、出力画素の信頼性を表す出力信頼度が計算されるとともに、入力画素の動き量が検出され、その入力画素の動き量に基づいて、出力信頼度が補正される。そして、入力信頼度および補正された出力信頼度に基づいて、入力画素が処理され、出力画素が出力される。

【0012】

本発明のノイズ量推定装置およびノイズ量推定方法においては、1画面を構成する画素それぞれについて、各画素を含む局所領域における分散が計算され、そのヒストグラムが生成される。そして、そのヒストグラムに基づいて、画素に含まれるノイズ量が求められる。

【0013】

【発明の実施の形態】

次に、図1は、本発明を適用したNR (Noise Reduction) 処理回路の一実施の形態の構成例を示している。

【0014】

このNR処理回路は、ノイズ量推定部1およびノイズ除去部2から構成されている。そして、ノイズ量推定部1において、入力データに含まれるノイズ量が推定され、さらに、ノイズ除去部2において、そのノイズ量に基づいて、入力データに対して処理が施され、これにより、入力データからノイズを効果的に除去した出力データが出力されるようになされている。

【0015】

即ち、例えば、いま、説明を簡単にするために、図2 (A) に示すような、真値が一定で、かつ時間的に変動するノイズが重畠された入力データについて、その平均をとることで、時間的に変動するノイズを除去することを考えると、ノイズの度合いとしての、例えば、ノイズのレベルが大きい入力データ（従って、S/Nの悪いデータ）については、その重みを小さくし（あまり考慮しないようにする）、ノイズのレベルの小さい入力データ（従って、S/Nの良いデータ）については、その重みを大きくすることにより、ノイズを効果的に除去することができる。

【0016】

そこで、図1のNR処理回路では、入力データの評価値として、例えば、図2(B)に示すような、入力データの、真値に対する近さ、即ち、入力データが真値であることの信頼性を表す信頼度を求め、その信頼度に対応した重み付けを入力データに対して行いながら、その平均を計算することで、ノイズを効果的に除去するようになっている。

【0017】

従って、図1のNR処理回路では、入力データについて、その信頼度に対応した重みを用いた重み付け平均が求められ、出力データとして出力されるが、いま、時刻tにおける入力データ、出力データ、入力データの信頼度を、それぞれ $\alpha_x(t)$ 、 $y(t)$ 、 $\alpha_{x(t)}$ と表すと、次式にしたがって、出力データ $y(t)$ が求められることになる。

【0018】

【数1】

$$y(t) = \frac{\sum_{i=0}^t \alpha_{x(i)} x(i)}{\sum_{i=0}^t \alpha_{x(i)}} \quad \dots (1)$$

なお、ここでは、入力データの信頼度 $\alpha_{x(t)}$ が大きいほど、大きな重みを与えることとしている。

【0019】

式(1)から、現在時刻tから1サンプル前の出力データ $y(t-1)$ は、次式で求められる。

【0020】

【数2】

$$y(t-1) = \frac{\sum_{i=0}^{t-1} \alpha_{x(i)} x(i)}{\sum_{i=0}^{t-1} \alpha_{x(i)}} \quad \dots (2)$$

また、出力データ $y(t)$ についても、その出力データ $y(t)$ の評価値として、真値に対する近さ、即ち、出力データ $y(t)$ が真値であることの信頼性を表す信頼度 $\alpha_{y(t)}$ を導入し、現在時刻 t から 1 サンプル前の出力データ $y(t-1)$ の信頼度 $\alpha_{y(t-1)}$ を、次式で定義する。

【0021】

【数3】

$$\alpha_{y(t-1)} = \sum_{i=0}^{t-1} \alpha_{x(i)} \quad \dots (3)$$

ここで、式 (3) によれば、出力データ $y(t-1)$ の信頼度 $\alpha_{y(t-1)}$ は、それまでに処理された入力データ $x(i)$ の信頼度 $\alpha_{x(i)}$ の積算値で与えられており ($i = 0, 1, 2, \dots, t-1$)、従って、出力データ $y(t-1)$ の信頼度 $\alpha_{y(t-1)}$ は、今までに入力された入力データが真値に近いものが多ければ大きくなり、少なければ小さくなることになる。即ち、出力データ $y(t-1)$ の信頼度 $\alpha_{y(t-1)}$ には、今までに入力された入力データの真値に対する近さ(信頼性)が反映される。そして、今までに入力された入力データが真値に近いということは、出力データ $y(t-1)$ も真値に近いということになり、逆に、今までに入力された入力データが真値から離れているということは、出力データ $y(t-1)$ も真値から離れているということになる。従って、式 (3) で表される信頼度 $\alpha_{y(t-1)}$ は、出力データ $y(t-1)$ の真値に対する近さを表すことになる。

【0022】

式(1)乃至(3)から、出力データ $y(t)$ およびその信頼度 $\alpha_{y(t)}$ は、次のように表すことができる。

【0023】

【数4】

$$\begin{aligned}
 y(t) &= \frac{\overbrace{\alpha_{y(t-1)}y(t-1)}^{\sum_{i=0}^{t-1} \alpha_{x(i)}x(i) + \alpha_{x(t)}x(t)}}{\overbrace{\alpha_{y(t-1)} + \alpha_{x(t)}}^{\sum_{i=0}^{t-1} \alpha_{x(i)}}} \\
 &= \frac{\alpha_{y(t-1)}y(t-1) + \alpha_{x(t)}x(t)}{\alpha_{y(t-1)} + \alpha_{x(t)}} \quad \cdots (4)
 \end{aligned}$$

$$\alpha_{y(t)} = \alpha_{y(t-1)} + \alpha_{x(t)} \quad \cdots (5)$$

また、時刻 t において、出力データ $y(t)$ を求めるのに用いる重みを、 $w(t)$ と表し、これを、次式で定義する。

【0024】

$$w(t) = \alpha_{y(t-1)} / (\alpha_{y(t-1)} + \alpha_{x(t)}) \quad \cdots (6)$$

式(6)から、次式が成り立つ。

【0025】

$$1 - w(t) = \alpha_{x(t)} / (\alpha_{y(t-1)} + \alpha_{x(t)}) \quad \cdots (7)$$

式(6)および(7)を用いると、式(4)における出力データ $y(t)$ は、次のような乗算と加算による重み付け平均によって表すことができる。

【0026】

$$y(t) = w(t)y(t-1) + (1 - w(t))x(t) \quad \cdots (8)$$

なお、式(8)で用いる重み $w(t)$ （および $1-w(t)$ ）は、式(6)から、1サンプル前の出力データ $y(t-1)$ の信頼度 $\alpha_{y(t-1)}$ と、現在の入力データ $x(t)$ の信頼度 $\alpha_{x(t)}$ とから求めることができる。また、式(5)における、現在の出力データ $y(t)$ の信頼度 $\alpha_{y(t)}$ も、その1サンプル前の出力データ $y(t-1)$ の信頼度 $\alpha_{y(t-1)}$ と、現在の入力データ $x(t)$ の信頼度 $\alpha_{x(t)}$ とから求めることができる。

【0027】

ここで、図2(B)に示した入力データ $x(t)$ の信頼度 $\alpha_{x(t)}$ は、その近傍の入力データの分散の逆数となっている。そこで、入力データ $x(t)$ の信頼度 $\alpha_{x(t)}$ 、または出力データ $y(t)$ の信頼度 $\alpha_{y(t)}$ として、それぞれの分散 $\sigma_x(t)^2$ 、または $\sigma_y(t)^2$ の逆数を用いることとすると、即ち、信頼度 $\alpha_{x(t)}$ 、信頼度 $\alpha_{y(t)}$ を、式

$$\begin{aligned}\alpha_{x(t)} &= 1 / \sigma_{x(t)}^2 \\ \alpha_{y(t)} &= 1 / \sigma_{y(t)}^2\end{aligned}\dots(9)$$

とおくと、式(8)における重み $w(t)$ は、次式で求めることができる。

【0028】

$$w(t) = \sigma_{x(t)}^2 / (\sigma_{y(t-1)}^2 + \sigma_{x(t)}^2) \dots(10)$$

この場合、式(8)における $1-w(t)$ は、次式で求めることができる。

【0029】

$$1-w(t) = \sigma_{y(t-1)}^2 / (\sigma_{y(t-1)}^2 + \sigma_{x(t)}^2) \dots(11)$$

また、 $\sigma_{y(t)}^2$ は、次式で求めることができる。

【0030】

$$\sigma_{y(t)}^2 = w(t)^2 \sigma_{y(t-1)}^2 + (1-w(t))^2 \sigma_{x(t)}^2 \dots(12)$$

式(4)と(5)から導かれる式(8)は、式(4)から明らかなように、入力データ $x(t)$ に対して、その信頼度 $\alpha_{x(t)}$ に相当する重み付けをするととも

に、1サンプル前の出力データ $y(t-1)$ に対して、その信頼度 $\alpha_{y(t-1)}$ に相当する重み付けをし、これらを加算したものを、入力データ $x(t)$ からノイズを除去した出力データ $y(t)$ とするものである。

【0031】

そして、入力データ $x(t)$ に対する重みに相当する信頼度 $\alpha_{x(t)}$ は、その入力データ $x(t)$ の真値への近さを表しており、1サンプル前の出力データ $y(t-1)$ に対する重みに相当する信頼度 $\alpha_{y(t-1)}$ は、その出力データ $y(t-1)$ の真値への近さを表している。いまの場合、真値が一定としているから、入力データ $x(t)$ と出力データ $y(t-1)$ のうちの、より真値に近い方に重みをおいて加算を行う式(8)により出力データ $y(t)$ を求めれば、この出力データ $y(t)$ は、より真値に近いものとなることになる。

【0032】

即ち、式(1)から導かれる(式(1)と等価な)式(8)によって求められる出力データ $y(t)$ は、過去に入力された入力データのうち、信頼度の小さいものには小さな重み付けをするとともに、信頼度の大きいものには大きな重み付けをし、このような重み付けを行った過去の入力データを積算したものである。より直感的には、出力データ $y(t)$ は、ノイズを多く含む入力データの影響が小さくなり、かつノイズの少ない入力データの影響が大きくなるように、入力データの加算を行ったものである。

【0033】

従って、単に平均をとる全平均の場合には、S/Nの悪い入力データも、また良い入力データも、出力データに対して、同等の影響を与えるが、式(8)によれば、S/Nの悪い入力データは、出力データに対して、ほとんど影響を与えず、また、S/Nの良い入力データは、出力データに対して、大きな影響を与える。その結果、単に平均をとる全平均の場合に比較して、より効果的にノイズが除去された出力データを得ることができる。

【0034】

さらに、移動平均をとる場合には、時間的に離れた入力データは、S/Nの良いものであっても、出力データに対して、まったく影響を与えず、時間的に近い

入力データは、S/Nの悪いものであっても、出力データに対して大きな影響を与える。これに対して、式(8)によれば、上述のように、入力データの時間的な近さは関係なく、S/Nの良し悪しによって、出力データに対する影響力が異なる。その結果、移動平均をとる場合に比較して、より効果的にノイズが除去された出力データを得ることができる。

【0035】

以上から、式(8)によれば、出力データは、信頼度の高い(真値に近い)入力データによる影響によって、真値に近いものとなる。従って、信頼度の高い入力データがより多く処理されるにつれて、出力データは、真値に近づいていくことになる。その結果、出力データのS/Nは、時間の経過とともに改善されていくことになる。

【0036】

なお、上述の場合においては、真値が一定であると仮定したが、真値が変化するデータの系列については、例えば、真値が一定であるとみなせる区間に区切り、その区間ごとに、処理を行うようにすれば良い。

【0037】

また、上述の場合においては、入力データの信頼度(以下、適宜、入力信頼度という)として、その時間的近傍にある幾つかの入力データの分散を用いることとしたが、この場合、その幾つかの入力データの入力があるまでは、入力信頼度、さらには、出力データ、およびその信頼度(以下、適宜、出力信頼度という)を求めることがないが、入力信頼度を求めることができる入力データの入力があるまでは、例えば、入力信頼度および出力信頼度のいずれも計算せず、また、出力データとしては、今まで入力された入力データの単純な平均値を求めて出力するようにすることができる。但し、入力信頼度を求めることができる入力データの入力があるまでの対処方法は、これに限定されるものではない。

【0038】

図3は、以上のようにして入力データのノイズを除去する図1のNR処理回路の詳細構成例を示している。

【0039】

ラッチ回路11₁には、入力データが供給されるようになされており、ラッチ回路11₁は、そこに供給される入力データを、例えば、その入力データが供給されるタイミングに同期してラッチ（記憶）し、その後段のラッチ回路11₂およびノイズ計算部11に供給するようになされている。ラッチ回路11₂またはラッチ回路11₃それは、ラッチ回路11₁と同様に、その前段のラッチ回路11₁または11₂が出力する入力データをラッチし、その後段のラッチ回路11₃または11₄と、ノイズ計算部11に供給するようになされている。ラッチ回路11₄は、その前段のラッチ回路11₃が出力する入力データをラッチし、ノイズ計算部11に供給するようになされている。

【0040】

ノイズ計算部11には、ラッチ回路11₁乃至11₄でラッチされた入力データが供給される他、ラッチ回路11₁に供給されるのと同一の入力データが供給されるようになされている。従って、いま、ラッチ回路11₁およびノイズ計算部11に、入力データ $x(t)$ が供給されたとすると、ノイズ計算部11には、さらに、ラッチ回路11₁乃至11₄それぞれでラッチされた入力データ $x(t-1)$ 乃至 $x(t-4)$ も供給されるようになされている。そして、ノイズ計算部11は、入力データ $x(t)$ 乃至 $x(t-4)$ から、例えば、その分散を計算し、その分散を、入力データ $x(t)$ のノイズ量と推定して、入力信頼度計算部12に供給するようになされている。

【0041】

ここで、以上のノイズ計算部11およびラッチ回路11₁乃至11₄が、図1のノイズ量推定部1に相当する。

【0042】

入力信頼度計算部12は、ノイズ計算部11からのノイズ量に基づいて、入力 $x(t)$ の入力信頼度 $\alpha_{x(t)}$ を計算し、出力信頼度計算部13および重み計算部15に供給するようになされている。即ち、入力信頼度計算部12は、ノイズ計算部11からのノイズ量としての分散の逆数を求め、それを、入力信頼度 $\alpha_{x(t)}$ として出力するようになされている。

【0043】

出力信頼度計算部13は、入力信頼度計算部12からの入力信頼度 $\alpha_{x(t)}$ と、ラッチ回路14の出力とから、式(5)にしたがって、出力データ $y(t)$ の出力信頼度 $\alpha_{y(t)}$ を求め、ラッチ回路14に出力するようになされている。

【0044】

ラッチ回路14は、出力信頼度計算部13からの出力信頼度 $\alpha_{y(t)}$ を、例えば、入力データ $x(t)$ に同期してラッチし、出力信頼度計算部13および重み計算部15に供給するようになされている。従って、ラッチ回路14から、出力信頼度計算部13および重み計算部15には、1サンプル前の出力信頼度 $\alpha_{y(t-1)}$ が供給されるようになされている。

【0045】

重み計算部15は、入力信頼度計算部12からの入力信頼度 $\alpha_{x(t)}$ 、およびラッチ回路14からの出力信頼度 $\alpha_{y(t-1)}$ を用い、式(6)にしたがって、重み $w(t)$ を求め、重み付け部21および演算器22に出力するようになされている。

【0046】

重み付け部21は、重み付け計算部15からの重み $w(t)$ を、ラッチ回路25の出力に乗算し、その乗算結果を、演算器24に供給するようになされている。演算器22は、重み付け計算部15からの重み $w(t)$ を1から減算し、その減算値 $1-w(t)$ を、重み付け部23に供給するようになされている。重み付け部23には、演算器22の出力の他、入力データ $x(t)$ が供給されるようになされており、重み付け部23は、演算器22の出力と、入力データ $x(t)$ とを乗算し、その乗算結果を、演算器24に供給するようになされている。演算器24は、重み付け部21と23の出力どうしを加算し、その加算結果を、出力データ $y(t)$ として出力するとともに、ラッチ回路25に供給するようになされている。ラッチ回路25は、演算器24からの出力データを、例えば、入力データ $x(t)$ に同期してラッチし、重み付け部21に供給するようになされている。

【0047】

ここで、入力信頼度計算部12、出力信頼度計算部13、ラッチ回路14、重

み計算部15、重み付け部21、演算器22、重み付け部23、演算器24、およびラッチ回路25が、図1のノイズ除去部2に相当する。

【0048】

次に、図4は、図3のノイズ計算部11の構成例を示している。

【0049】

上述したように、ノイズ計算部11には、現在の入力データ $x(t)$ の他、その4サンプル前までの入力データ $x(t-1)$ 乃至 $x(t-4)$ が入力されるようになされており、ノイズ計算部11では、図5に示すように、その5サンプルの入力データ $x(t)$ 乃至 $x(t-4)$ についての分散が求められ、これが、入力データ $x(t)$ のノイズ量として出力されるようになされている。

【0050】

即ち、入力データ $x(t)$ 乃至 $x(t-4)$ は、平均値計算回路31および分散計算回路32に供給されるようになされている。平均値計算部31は、次式にしたがって、5サンプルの入力データ $x(t)$ 乃至 $x(t-4)$ の平均値 $m(t)$ を計算し、分散計算回路32に供給する。

【0051】

【数5】

$$m(t) = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} x(t-n)}{N} \quad \dots (13)$$

ここで、図4の実施の形態においては、式(13)におけるNは、5である。

【0052】

分散計算回路32は、そこに入力される入力データ $x(t)$ 乃至 $x(t-4)$ 、および平均値計算回路31からの平均値 $m(t)$ を用い、式(14)にしたがって、分散 $\sigma_{x(t)}$ を計算し、これを、入力データ $x(t)$ のノイズ量として出力する。

【0053】

【数6】

$$\sigma_{x(t)}^2 = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} (x(t-n) - m(t))^2}{N}$$

・・・(14)

ここで、式(13)における場合と同様に、図4の実施の形態では、式(14)におけるNも、5である。

【0054】

なお、このノイズ量としての分散 $\sigma_{x(t)}$ は、入力信頼度計算部12(図3)に供給され、入力信頼度計算部12では、次式に示すように、この分散 $\sigma_{x(t)}$ の逆数が求められ、入力信頼度 $\alpha_{x(t)}$ として出力される。

【0055】

【数7】

$$\alpha_{x(t)} = \frac{1}{\sigma_{x(t)}^2}$$

・・・(15)

次に、図6は、図3の出力信頼度計算部13の構成例を示している。

【0056】

同図に示すように、出力信頼度計算部13は、演算器41から構成されており、演算器41には、入力信頼度計算部12からの現在の入力信頼度 $\alpha_{x(t)}$ と、ラッチ回路14からの1サンプル前の出力信頼度 $\alpha_{y(t-1)}$ が供給されるようになされている。そして、演算器41は、式(5)にしたがい、入力信頼度 $\alpha_{x(t)}$ と出力信頼度 $\alpha_{y(t-1)}$ とを加算し、その加算値を、現在の出力信頼度 $\alpha_{y(t)}$ として出力する。

【0057】

次に、図7および図8を参照して、図3のNR処理回路の動作について説明する。

【0058】

NR処理回路では、図7 (A) に示すように、現在の入力データ $x(t)$ に、その4サンプル前までの入力データ $x(t-1)$ 乃至 $x(t-4)$ を加えた5サンプルを用いて、その分散 $\sigma_{x(t)}^2$ が求められ、さらに、その逆数が、入力信頼度 $\alpha_{x(t)}$ として求められる。

【0059】

また、図7 (B) に示すように、入力信頼度 $\alpha_{x(t)}$ と、1サンプル前の出力信頼度 $\alpha_{y(t-1)}$ から、重み $w(t)$ が求められ、その重み $w(t)$ に基づき、入力データ $x(t)$ と1サンプル前の出力データ $y(t-1)$ との重み付け平均値が計算され、その重み付け平均値が、出力データ $y(t)$ として出力される。

【0060】

即ち、図8のフローチャートに示すように、まず最初に、ステップS11において、入力データ $x(t)$ が、ノイズ量推定部1 (ラッチ回路11₁およびノイズ量計算部11)、並びにノイズ除去部2 (重み付け部23) に入力される。

【0061】

そして、ステップS12に進み、ノイズ量推定部1において、入力データ $x(t)$ のノイズ量が推定され、さらに、ノイズ除去部2の入力信頼度計算部12において、そのノイズ量から入力信頼度 $\alpha_{x(t)}$ が求められる。

【0062】

即ち、ノイズ量推定部1のラッチ回路11₁は、そこに供給される入力データを、その入力データが供給されるタイミングに同期してラッチし、その後段のラッチ回路11₂およびノイズ量計算部11に供給する。ラッチ回路11₂またはラッチ回路11₃それは、ラッチ回路11₁と同様に、その前段のラッチ回路11₁または11₂が出力する入力データをラッチし、その後段のラッチ回路11₃または11₄と、ノイズ量計算部11に供給する。そして、ラッチ回路11₄は、その前段のラッチ回路11₃が出力する入力データをラッチし、ノイズ量計算部11に供給する。従って、ノイズ量計算部11には、入力データ $x(t)$ が供給されるのと同時に、ラッチ回路11₁乃至11₄それぞれから入力データ $x(t-1)$ 乃至 $x(t-4)$ が供給される。ノイズ量計算部11は、上述したように、入力データ $x(t)$ 乃至 $x(t-4)$ の分散を求め、その分散を、入力データ x

(t) のノイズ量とし、入力信頼度計算部12に供給する。

【0063】

入力信頼度計算部12では、ノイズ計算部11からのノイズ量の逆数が求められ、これが入力データ $x(t)$ の入力信頼度 $\alpha_{x(t)}$ として、出力信頼度計算部13および重み計算部15に供給される。

【0064】

入力信頼度計算部12から重み計算部15に対して、入力信頼度 $\alpha_{x(t)}$ が供給されるタイミングにおいては、ラッチ回路14において、出力信頼度計算部13が1サンプル前に出力した出力信頼度 $\alpha_{y(t-1)}$ がラッチされており、重み計算部15では、ステップS13において、入力信頼度計算部12からの入力信頼度 $\alpha_{x(t)}$ と、ラッチ回路14にラッチされている出力信頼度 $\alpha_{y(t-1)}$ とを用い、式(6)にしたがって、重み $w(t)$ が求められる。この重み $w(t)$ は、重み付け部21および演算器22に供給される。

【0065】

そして、重み付け部21、演算器22、重み付け部23、演算器24、およびラッチ回路25では、ステップS14において、重み計算部15が出力する重み (t) を用い、式(8)にしたがって、入力データ $x(t)$ と、1サンプル前の出力データ $y(t-1)$ との重み付け平均値が計算される。

【0066】

即ち、重み付け部21では、重み付け計算部15からの重み $w(t)$ が、ラッチ回路25の出力に乗算され、その乗算結果が、演算器24に供給される。ここで、ラッチ回路25は、重み付け計算部15が重み $w(t)$ を出力するタイミングにおいて、演算器24が前回出力した出力データ $y(t-1)$ をラッチしており、従って、重み付け部21では、出力データ $y(t-1)$ と重み $w(t)$ との積 $w(t)y(t-1)$ が求められ、演算器24に供給される。

【0067】

また、演算器22では、重み付け計算部15からの重み $w(t)$ が1から減算され、その減算値 $1-w(t)$ が、重み付け部23に供給される。重み付け部23は、演算器22の出力 $1-w(t)$ と、入力データ $x(t)$ とを乗算し、その

乗算結果 $(1 - w(t)) \times (t)$ を、演算器24に供給する。

【0068】

演算器24では、重み付け部21の出力 $w(t) y(t-1)$ と、重み付け部23の出力 $(1 - w(t)) \times (t)$ とが加算される。即ち、重み計算部15が
出力する重み $w(t)$ を用い、式(8)にしたがって、入力データ $x(t)$ と、
1サンプル前の出力データ $y(t-1)$ との重み付け平均値が計算される。

【0069】

この重み付け平均値は、ステップS15において、出力データ $y(t)$ として
出力される。さらに、出力データ $y(t)$ は、ラッチ回路25に供給されてラッ
チされる。

【0070】

そして、ステップS16に進み、まだ、入力データが存在するかどうかが判定
され、まだ存在すると判定された場合、ステップS17に進み、出力信頼度計算
部13において、出力信頼度が更新される。即ち、出力信頼度計算部13は、ス
テップS12で入力信頼度計算部12が計算した入力信頼度 $\alpha_{x(t)}$ と、ラッチ回
路14がラッチしている1サンプル前の出力信頼度 $\alpha_{y(t-1)}$ とを、式(5)にし
たがって加算することで、現在の出力信頼度 $\alpha_{y(t)}$ を求め、ラッチ回路14に出
力する。そして、ステップS11に戻り、次の入力データを対象に、同様の処理
が繰り返される。

【0071】

一方、ステップS16において、処理すべき入力データが存在しないと判定さ
れた場合、処理を終了する。

【0072】

以上のように、現在の入力データ $x(t)$ の信頼度(入力信頼度) $\alpha_{x(t)}$ を求
め、それと、1サンプル前の出力信頼度 $\alpha_{y(t-1)}$ とを加味して、重み $w(t)$ を
計算する。さらに、この重み $w(t)$ を用いて、現在の入力データ $x(t)$ と、
1サンプル前の出力データ $y(t-1)$ との重み付け平均値を計算し、その平均
値を、入力データ $x(t)$ の処理結果としての出力データ $y(t)$ とする。そ
して、その出力データ $y(t)$ の信頼度(出力信頼度) $\alpha_{y(t)}$ を、現在の入力信頼

度 $\alpha_{x(t)}$ と、1サンプル前の出力信頼度 $\alpha_{y(t-1)}$ とを加算することで求め（更新し）、次の入力データ $x(t+1)$ を処理することを繰り返す。従って、重み $w(t)$ は、過去の入力データにおいて、ノイズの多い部分はあまり加味せずに、かつノイズの少ない部分は十分に加味するようにして、いわば学習されていき、即ち、入力データに対して適応的な重み $w(t)$ が求められていき、その結果、出力データは、重み $w(t)$ の学習が進むにつれて時々刻々と改善されて、入力データから効果的にノイズを除去したものが得られるようになる。

【0073】

次に、上述の場合には、入力信頼度 $\alpha_{x(t)}$ として、入力データの分散の逆数を用いたことから、その入力信頼度 $\alpha_{x(t)}$ は、ある時間的範囲の入力データのばらつきを表しており、従って、入力データに含まれるノイズの度合いとしての、例えば、その入力データの S/N が変動する場合には、非常に効果的なノイズの除去を行うことができる。

【0074】

しかしながら、入力信頼度 $\alpha_{x(t)}$ として、入力データの分散の逆数を用いた場合には、分散の性質上、ノイズのレベルの局所的な変化分（ごく狭い範囲における変化）については、ノイズ除去の効果が幾分薄れることになる。

【0075】

そこで、ノイズのレベルの局所的な変化分については、例えば、入力データの平均値に対する、現在の入力データの自乗誤差の逆数などを、入力信頼度 $\alpha_{x(t)}$ として用いることで、効果的に対処することが可能である。

【0076】

この場合、入力信頼度 $\alpha_{x(t)}$ は、次のようにして計算することができる。

【0077】

即ち、例えば、図9に示すように、5サンプルの入力データ $x(t)$ 乃至 $x(t-4)$ の平均値 $m(t)$ を、式（16）にしたがって計算する。

【0078】

【数8】

$$m(t) = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} x(t-n)}{N}$$

・・・ (16)

なお、図9の実施の形態においては、式(16)におけるNは、5である。

【0079】

さらに、入力データ $x(t)$ および平均値 $m(t)$ を用い、式(17)にしたがって、入力データ $x(t)$ の平均値 $m(t)$ に対する自乗誤差 $d_{x(t)}^2$ を計算する。

【0080】

【数9】

$$d_{x(t)}^2 = (x(t) - m(t))^2$$

・・・ (17)

そして、次式に示すように、自乗誤差 $d_{x(t)}^2$ の逆数を求ることで、入力信頼度 $\alpha_{x(t)}$ を求める。

【0081】

【数10】

$$\alpha_{x(t)} = \frac{1}{d_{x(t)}^2}$$

・・・ (18)

以上のように、自乗誤差の逆数を、入力信頼度 $\alpha_{x(t)}$ として用いる手法は、平均値 $m(t)$ が、真値に近い値となる場合には、特に有効である。

【0082】

なお、入力信頼度 $\alpha_{x(t)}$ は、上述したように、分散 $\sigma_{x(t)}^2$ 、または自乗誤差 $d_{x(t)}^2$ のいずれか一方だけに基づいて求める他、その2つに基づいて求めるこ

とも可能である。即ち、例えば、分散 $\sigma_{x(t)}^2$ の逆数と、自乗誤差 $d_{x(t)}^2$ 逆数との加算値を、入力信頼度 $\alpha_{x(t)}$ として用いることが可能である。

【0083】

分散 $\sigma_{x(t)}^2$ は、入力データについて、ある程度広い範囲における局所的な散らばり具合を表し、また、自乗誤差 $d_{x(t)}^2$ は、狭い範囲の局所的な散らばり具合を表すから、それらを組み合わせたものを、入力信頼度 $\alpha_{x(t)}$ として用いた場合には、入力データの S/N が変動しており、かつその入力データに含まれるノイズの局所的なレベルも変動しているようなときであっても、効果的に対処することが可能となる。

【0084】

次に、入力データ $x(t)$ が、例えば、音声データのような、いわば 1 次元のデータの系列である場合には、出力データ $y(t-1)$ は、入力データ $x(t)$ の 1 サンプル前の入力データ $x(t-1)$ の処理結果となるが、入力データ $x(t)$ が、例えば、画像データのような、いわば 2 次元のデータの系列である場合、出力データ $y(t-1)$ は、入力データ $x(t)$ の 1 フレーム（またはフレーム）前の入力データ $x(t-1)$ の処理結果となる。

【0085】

即ち、いま、第 t フレームの画素（画素の画素値）を $x(t)$ と表し、この画素 $x(t)$ を、入力画素として、式（8）によってノイズの除去を行い、その結果得られる出力画素を出力する場合には、入力画素 $x(t-1)$ は、例えば、第 t フレームの入力画素 $x(t)$ と空間的に同一位置にある、第 $t-1$ フレームの入力画素を表し、従って、 $y(t-1)$ は、その入力画素 $x(t-1)$ からノイズを除去した出力画素を表す。

【0086】

この場合、入力データとしての画像に動きがない場合、即ち、入力データとしての画像が静止している場合には問題ないが、入力データとしての画像に動きがある場合（ノイズを除去する対象が動画像である場合）においては、動きのある入力画素 $x(t)$ の真値と、それと同一位置にある、1 フレーム前の入力画素 $x(t-1)$ の真値とは異なるため、入力画素 $x(t)$ からノイズを除去した出力

画素 $y(t)$ を求めるのにあたって、その入力画素 $x(t)$ と真値が異なる 1 フレーム前の入力画素 $x(t-1)$ に対する出力画素 $y(t-1)$ の出力信頼度 $\alpha_{y(t-1)}$ は、信頼できないものとなる。

【0087】

即ち、画像に動きがある場合には、入力画素 $x(t)$ に対する出力画素 $y(t)$ を求めるのに用いる出力画素 $y(t-1)$ の出力信頼度 $\alpha_{y(t-1)}$ は、入力画素 $x(t)$ の動き量の影響を受け、その動き量に対応する分だけ低下するものと考えられる。

【0088】

そこで、ここでは、入力画素 $x(t)$ の動き量を、 $m(t)$ とし、これを補正項として、出力信頼度 $\alpha_{y(t-1)}$ を、 $(1.0 - m(t)) \times \alpha_{y(t-1)}$ に補正することとする。なお、本実施の形態では、動き量 $m(t)$ は、0 乃至 1 の範囲の実数値をとるものとする。即ち、動き量 $m(t)$ は、入力画素 $x(t)$ が完全に静止している場合には 0 となり、その動きの大きさに応じて大きな値となる。そして、入力画素 $x(t)$ の動きが大きく（入力画素 $x(t)$ が完全に動いており）、入力画素 $x(t)$ の真値が、その 1 フレーム前の同一位置にある入力画素 $x(t-1)$ の真値とまったく関係のない値となっていると考えられる場合には、動き量 $m(t)$ は 1 となる。

【0089】

この場合、式（5）により求めることとした出力信頼度 $\alpha_{y(t)}$ は、次式により求められることになる。

【0090】

$$\alpha_{y(t)} = (1.0 - m(t)) \alpha_{y(t-1)} + \alpha_{x(t)} \quad \dots (19)$$

式（19）によれば、動き量 $m(t)$ が 0 の場合には、1 フレーム前の出力画素 $y(t-1)$ の出力信頼度（前回の出力信頼度） $\alpha_{y(t-1)}$ をそのまま用いて、出力画素 $y(t)$ の出力信頼度（今回の出力信頼度） $\alpha_{y(t)}$ が求められることとなる。一方、動き量 $m(t)$ が 1 の場合には、前回の出力信頼度 $\alpha_{y(t-1)}$ を無視して（用いずに）、即ち、今まで積算してきた入力信頼度を破棄して、今回の出

力信頼度 $\alpha_{y(t)}$ が求められることとなる。

【0091】

また、この場合、式(6)により求めることとした重み $w(t)$ は、次式により求められることになる。

【0092】

$$w(t) = (1-m(t)) \alpha_{y(t-1)} / ((1-m(t)) \alpha_{y(t-1)} + \alpha_{x(t)}) \quad \dots (20)$$

さらに、式(7)で表される重み $1-w(t)$ は、次式により表されることになる。

【0093】

$$1-w(t) = \alpha_{x(t)} / ((1-m(t)) \alpha_{y(t-1)} + \alpha_{x(t)}) \quad \dots (21)$$

次に、図10は、以上のように、動き量 $m(t)$ を導入し、画像を対象としてノイズの除去を行う場合の図1のNR処理回路の詳細構成例を示している。なお、図中、図3における場合と対応する部分については、同一の符号を付してあり、以下では、その説明は、適宜省略する。即ち、図10のNR処理回路は、動き量計算部16が新たに設けられている他は、図3における場合と基本的に同様に構成されている。

【0094】

動き量計算部16には、入力データとしての入力画素 $x(t)$ が供給されるようになっており、動き量計算部16は、その入力画素 $x(t)$ の動き量 $m(t)$ を求めて、出力信頼度計算部13に供給するようになっている。

【0095】

ここで、入力画素 $x(t)$ の動き量 $m(t)$ とは、入力画素 $x(t)$ の真値と、その1フレーム前の同一位置の入力画素 $x(t-1)$ の真値との差分に対応する値、即ち、入力画素 $x(t)$ が動くことによって（入力画素 $x(t)$ に表示された画像が動くことによって）生じた真値の変化分に相当するから、基本的には、入力画素 $x(t)$ と $x(t-1)$ との差分 ($x(t) - x(t-1)$) をとることによって求めることができる。

【0096】

しかしながら、入力画素 $x(t)$ と $x(t-1)$ との差分には、それらの真値どうしの差分だけでなく、ノイズの変化分（入力画素 $x(t)$ に含まれるノイズと、 $x(t-1)$ に含まれるノイズとの差分）も含まれるため、入力画素 $x(t)$ と $x(t-1)$ との差分は、そのノイズの変化分をできるだけ除去した形で求めるのが望ましい。

【0097】

そこで、動き量計算部16では、図11に示すようにして、動き量 $m(t)$ が求められるようになっている。

【0098】

即ち、動き量計算部16においては、いま動き量 $m(t)$ を求めようとしている入力画素 $x(t)$ を注目画素として、図11(A)に示すように、その注目画素（図11(A)において、斜線を付した○印で示す）を中心とする所定の大きさのブロックが構成され（図11(A)では、 9×9 の入力画素のブロックが構成されているが、ブロックの大きさはこれに限定されるものではなく、例えば 7×7 画素のブロック等であっても良い）、そのブロックから、注目画素との差分絶対値が所定の閾値以内のもの（図11(A)において、●印で示す）が検出される。さらに、その検出された入力画素と注目画素それぞれについて、その1フレーム前の同一位置にある入力画素との差分が計算され、その差分の平均値が、空間方向におけるノイズの変化分を極力除去した状態の、入力画素 $x(t)$ と $x(t-1)$ との差分値 $x(t) - x(t-1)$ として求められる。

【0099】

ここで、上述のように、ブロックから入力画素を検出するのに用いる閾値としては、例えば、ノイズ計算部11で求められるノイズ量の標準偏差の2倍程度の値を用いることができる。

【0100】

そして、動き量計算部16では、その差分値 $x(t) - x(t-1)$ が、例えば、図11(B)に示すような変換関数によって変換され、これにより、0乃至1の範囲の値をとる動き量 $m(t)$ が求められる。

【0101】

即ち、図11(B)の実施の形態では、差分値 $x(t) - x(t-1)$ が、所定の閾値TH0以下のとき、動き量 $m(t)$ は0とされる。さらに、差分値 $x(t) - x(t-1)$ が、所定の閾値TH0を越えると、動き量 $m(t)$ は、差分値 $x(t) - x(t-1)$ に比例して増加する値とされる。そして、差分値 $x(t) - x(t-1)$ が、所定の閾値TH1(>TH0)以上となると、動き量 $m(t)$ は1とされる。

【0102】

ここで、閾値TH0としては、例えば、0を用いることができる。また、閾値TH1としては、例えば、ノイズ計算部11で求められるノイズ量の標準偏差の3倍程度の値を用いることができる。

【0103】

なお、上述の場合には、注目画素のフレームの入力画素と、その1フレーム前の入力画素との差分をとることにより、動き量 $m(t)$ を求めるようにしたが、動き量 $m(t)$ は、その他、例えば、注目画素のフレームの入力画素と、その1フレーム前の出力画素との差分をとることにより求めるようにすることも可能である。

【0104】

また、図11(B)では、差分値 $x(t) - x(t-1)$ が、閾値TH0以上TH1以下の場合には、差分値 $x(t) - x(t-1)$ を、線形な関数によって、動き量 $m(t)$ に変換するようにしたが、差分値 $x(t) - x(t-1)$ は、非線形な関数によって、動き量 $m(t)$ に変換することも可能である。

【0105】

次に、図12は、図10の出力信頼度計算部13の構成例を示している。なお、図中、図6における場合と対応する部分については、同一の符号を付してある。即ち、図12においては、演算器51および52が新たに設けられて、出力信頼度計算部13が構成されている。

【0106】

演算器51には、動き量計算部16で求められた動き量 $m(t)$ が供給される

ようになっており、演算器51は、1から、その動き量 $m(t)$ を減算し、その減算値 $1-m(t)$ を演算器52に供給する。演算器52には、演算器51の演算結果 $1-m(t)$ の他、ラッチ回路14から前回の出力信頼度 $\alpha_{y(t-1)}$ が供給されるようになっており、演算器52は、 $1-m(t)$ を補正項として、その補正項を、前回の出力信頼度 $\alpha_{y(t-1)}$ に乘算し、その乗算値 $((1-m(t))\alpha_{y(t-1)})$ を、前回の出力信頼度 $\alpha_{y(t-1)}$ を、動き量 $m(t)$ に対応して補正した補正結果として、演算器41に出力する。

【0107】

演算器41は、演算器52の出力 $((1-m(t))\alpha_{y(t-1)})$ に、入力信頼度計算部12から供給される今回の入力信頼度 $\alpha_{x(t)}$ を加算し、それを、今回の出力信頼度 $\alpha_{y(t)}$ として出力する。即ち、これにより、式(19)に示した、補正された出力信頼度 $\alpha_{y(t)}$ が求められる。

【0108】

以上のように、図10のNR処理回路では、入力画素 $x(t)$ の動き量 $m(t)$ に基づいて、出力信頼度 $\alpha_{y(t-1)}$ が補正され、それを用いて、重み $w(t)$ が求められる。そして、そのような重み $w(t)$ に基づいて、入力画素 $x(t)$ に対する出力画素 $y(t)$ が求められるので、入力画素 $x(t)$ から効果的にノイズを除去した出力画素 $y(t)$ を得ることができる。

【0109】

なお、図10の実施の形態においては、上述したように $x(t-1)$ は、 $x(t)$ の1フレーム前の入力画素であるから、ラッチ回路11₄、14、25は、そこに入力されるデータを1フレーム分の時間だけラッチ(遅延)して出力するようになっている。

【0110】

次に、上述のように、画像を対象としてノイズの除去を行う図10のNR処理回路におけるラッチ回路11₁乃至11₄では、入力画素 $x(t)$ が1フレーム分だけ遅延され、これにより、ノイズ量計算部11においては、いま処理しようとしている入力画素 $x(t)$ のフレームを含む過去5フレームの、入力画素 $x(t)$ と同一位置にある入力画素 $x(t)$ 乃至 $x(t-4)$ の分散が、入力画素 $x(t)$

$x(t)$ のノイズ量として求められることとなるが、入力画素 $x(t)$ 乃至 $x(t-4)$ に動きがある場合には、それらの分散は、その動きにも影響されるため、入力画素 $x(t)$ 乃至 $x(t-4)$ の分散を、入力画素 $x(t)$ のノイズ量としたのでは、そのノイズ量は、動きによる影響を受けて不正確なものとなる。そして、この場合、そのようなノイズ量を用いて、入力信頼度計算部12で求められる入力信頼度 $\alpha_{x(t)}$ も不正確なものとなり好ましくない。

【0111】

そこで、入力画素 $x(t)$ のノイズ量は、例えば、その動きベクトルを求めて、動き補償を行い、その動き補償後の画像を用いて求めるようにすることが可能である。

【0112】

しかしながら、この場合、動きベクトルを検出する動きベクトル検出装置や、動き補償を行う動き補償装置が別に必要となる。

【0113】

そこで、入力画素 $x(t)$ のノイズ量は、例えば、次のようにして求める（推定する）ようにすることができる。

【0114】

即ち、例えば、いま、画像に含まれるノイズが、時間的には変動するが、空間的には変動しないものと仮定すると、ノイズを含む画像は、図13（A）に示すノイズを含まない画像（真値による画像）（以下、適宜、原画像という）と、図13（B）に示す、フレームごとに変動するが、空間的には一定のノイズのみによる画像（以下、適宜、ノイズ画像）との加算値となる。

【0115】

このようなノイズを含む画像について、図14に示すように、原画像に対する画素値の誤差の分布、即ち、画素値の分散（または標準偏差）を、そのノイズ量と定義すると、このノイズ量は、例えば、次のようにして、比較的精度良く推定することができる。

【0116】

即ち、図15（A）に示すように、ノイズを含む画像の1フレームを構成する

各画素を、順次、注目画素として、その注目画素を中心とする局所領域（空間方向の局所領域）に含まれる画素の分散を計算する。そして、図15（B）に示すように、その1フレームについての分散のヒストグラムを求め、最大頻度（最頻値）を与える分散を、その1フレームを構成する各画素に含まれるノイズ量と推定する。

【0117】

図10のN R処理回路におけるノイズ量推定部1には、以上のようにして、入力画素のノイズ量を求めさせるようにすることができ、この場合のノイズ量推定部1の構成例を、図16に示す。

【0118】

フレームメモリ61には、ノイズを含む画像（入力画像）が供給されるようになっており、フレームメモリ61は、そこに供給されるノイズを含む画像を、1フレーム単位で記憶するようになっている。

【0119】

局所領域分散計算部62は、フレームメモリ61に記憶された入力画像を構成する画素（入力画素）を、順次、注目画素として、図15（A）に示したように、その注目画素を中心とする局所領域に含まれる入力画素の分散を計算し、分散ヒストグラム保存用メモリ63に供給するようになっている。さらに、局所領域分散計算部62は、フレームメモリ61に記憶された入力画像を構成するすべての入力画素を、注目画素として、上述のような分散の計算が終了すると、その旨の終了信号を、ヒストグラム出力信号発生器64に供給するようになっている。

【0120】

分散ヒストグラム保存用メモリ63は、局所領域分散計算部62から供給される、フレームメモリ61に記憶された入力画像を構成する各入力画素についての分散のヒストグラムを生成するようになっている。即ち、分散ヒストグラム保存用メモリ63は、局所領域分散計算部62から入力画素についての分散を受信すると、その分散に対応するアドレスの記憶値を1だけインクリメントするようになっている。なお、分散ヒストグラム保存用メモリ63の記憶値は、後述するピ

ーク位置計算部66から供給されるリセット信号によって、0にリセットされるようになっている。

【0121】

ヒストグラム出力信号発生器64は、局所領域分散計算部62から終了信号を受信すると、ヒストグラムを出力すべき旨を指示するヒストグラム出力信号を、スイッチ65に出力するようになっている。スイッチ65は、ヒストグラム出力信号発生器64からヒストグラム出力信号を受信すると、一時的に、オフからオン状態になり、これにより、分散ヒストグラム保存用メモリ63に記憶された分散のヒストグラムを、ピーク位置計算部66に供給するようになっている。

【0122】

ピーク位置計算部66は、分散ヒストグラム保存用メモリ63から、スイッチ65を介して供給される分散のヒストグラムを受信し、そのヒストグラムのピーク値を求め、そのピーク値を与える分散を、入力画像を構成する各入力画素に含まれるノイズ量の推定値として出力するようになっている。なお、ピーク位置計算部66は、分散ヒストグラム保存用メモリ63に記憶されている分散のヒストグラムを受信したタイミングで、上述のリセット信号を、分散ヒストグラム保存用メモリ63に供給するようになっている。

【0123】

次に、図17のフローチャートを参照して、図16のノイズ量推定部1による、入力画素のノイズ量を推定するノイズ量推定処理について説明する。

【0124】

ノイズ量推定部1では、そこに、1フレーム分の入力画像が入力されると、図17のノイズ量推定処理が行われる。

【0125】

即ち、ノイズ量推定処理では、まず最初に、ステップS21において、入力された1フレームの入力画像が、フレームメモリ61に記憶され、ステップS22に進む。ステップS22では、局所領域分散計算部62において、フレームメモリ61に記憶された入力画像を構成する所定の入力画素が、注目画素とされ、その注目画素を中心とする局所領域に含まれる入力画素の分散が計算される。

【0126】

この分散は、局所領域分散計算部62から分散ヒストグラム保存用メモリ63に供給され、分散ヒストグラム保存用メモリ63では、ステップS23において、局所領域分散計算部62から供給される分散に対応するアドレスの記憶値が1だけインクリメントされ、これにより、その分散の頻度が更新される。

【0127】

そして、ステップS24に進み、局所領域分散計算部62において、フレームメモリ61に記憶された入力画像を構成するすべての入力画素を、注目画素として、分散の計算が終了したか否かが判定される。ステップS24において、フレームメモリ61に記憶された入力画素すべてについて、まだ分散の計算が終了していないと判定された場合、まだ注目画素とされていない入力画素を、新たに注目画素として、ステップS22に戻り、以下、同様の処理が繰り返される。即ち、以上のようにして、ステップS22乃至S24の処理が繰り返され、これにより、分散ヒストグラム保存用メモリ63において、フレームメモリ61に記憶された入力画像を構成する各入力画素についての分散のヒストグラムが生成される。

【0128】

一方、ステップS24において、フレームメモリ61に記憶された入力画素すべてについて、分散の計算が終了したと判定された場合、即ち、分散ヒストグラム保存用メモリ63において、フレームメモリ61に記憶された入力画像を構成する各入力画素についての分散のヒストグラムが生成された場合、局所領域分散計算部62は、終了信号を、ヒストグラム出力信号発生器64に供給し、この終了信号を受信したヒストグラム出力信号発生器64では、ヒストグラム出力信号が、スイッチ65に出力される。これにより、スイッチ65は、一時的に、オフからオン状態になり、分散ヒストグラム保存用メモリ63に記憶された分散のヒストグラムが、ピーク位置計算部66に供給される。

【0129】

ピーク位置計算部66では、分散ヒストグラム保存用メモリ63から、スイッチ65を介して供給される分散のヒストグラムを受信すると、ステップS25に

おいて、そのヒストグラムのピーク値が求められ、ステップS26に進む。そして、ステップS26では、ピーク位置計算部66において、そのヒストグラムのピーク値を与える分散が、入力画像を構成する各入力画素に含まれるノイズ量の推定値として出力されるとともに、リセット信号が、分散ヒストグラム保存用メモリ63に供給され、これにより、分散ヒストグラム保存用メモリ63の記憶値が0にリセットされて、ノイズ量推定処理を終了する。

【0130】

以上のように、1フレームを構成する入力画素それぞれについて、各入力画素を含む局所領域における分散を計算し、そのヒストグラムのピーク値を求めて、そのピーク値を与える分散を、入力画素に含まれるノイズ量としたので、その1フレームの画素のノイズ量を、その1フレームのみを用い、かつ動きベクトル検出装置や動き補償装置等を新たな設けることなく、比較的精度良く推定することができる。

【0131】

即ち、1フレームを構成する画素すべてを用いて分散を求めた場合には、その分散は、1フレームの画像に含まれるノイズによる分散だけでなく、その画像（原画像）が有している分散の影響も受けるため、1フレームを構成する画素すべてを用いた分散では、そこに含まれるノイズを、精度良く推定することは困難である。

【0132】

一方、上述したように、1フレームを構成する入力画素それぞれについて、各入力画素を含む局所領域を考えると、その局所領域には、ノイズによる分散と、原画像が有している分散とが混在するものの他、ノイズによる分散が支配的なものも存在する。ここで、このノイズによる分散が支配的な局所領域とは、原画像において平坦になっている部分や、平坦に近い部分が該当する。

【0133】

そして、例えば、自然画像について、1フレームを構成する入力画素それぞれを含む局所領域の分散のヒストグラムを作成すると、そのヒストグラムにおいては、エッジが多数存在するような画像を除いて、一般に、ノイズによる分散が支

配的な局所領域の分散が、ピークとして現れる傾向がある。図16のノイズ量推定部1によるノイズ量推定処理は、このような性質を利用して、比較的精度良く、ノイズ量を推定するようになっている。

【0134】

図18は、ある自然画像を原画像とし、その原画像に、上述のようなノイズ画像を重畠して得られた入力画像（ノイズを含む画像）について求めた、原画像、ノイズ画像、入力画像に関する、上述したような局所領域の分散のヒストグラムを示している。

【0135】

図18においては、実線、2点破線、細い点線が、入力画像、ノイズ画像、原画像について求められた分散のヒストグラムを、それぞれ表しており、入力画像についてのヒストグラムのピークの位置と、ノイズ画像についてのヒストグラムのピークの位置とが、ほぼ一致しているのが分かる。なお、図18のヒストグラムを求めるのにあたっては、局所領域は、 5×5 画素の正方形のブロックを用いている。

【0136】

図19は、図17で説明したノイズ量推定処理によって、入力画像に含まれるノイズ量を推定したシミュレーション結果を示している。

【0137】

図19においては、実線が、ノイズ画像についての分散を表しており、点線が、そのノイズ画像を、原画像に重畠して得られた入力画像を対象に、ノイズ量推定処理を行うことで求められたノイズ量としての分散を示している。

【0138】

シミュレーションに用いたノイズ画像は、他のフレームに比較して、第20フレーム乃至第40フレームで、分散が小さくなるものであるが、図19から、そのようなノイズ画像が重畠されている入力画像について、比較的精度良く、ノイズ量が推定されていることが分かる。

【0139】

なお、本発明は、それ専用のハードウェアによっても、また、上述したような

処理を行うためのプログラムを、コンピュータに実行させることによっても、実現可能である。

【0140】

また、本実施の形態では、本発明について、ノイズの除去という観点から説明を行ったが、上述したように、入力データは、出力データが時間の経過とともに改善されるように処理されていくので、本発明は、その他、例えば、入力データの波形整形（波形等化）などを行う場合に適用することも可能である。

【0141】

さらに、図17のノイズ量推定処理では、1フレームの画像を構成する各画素に共通のノイズ量を推定するようにしたが、ノイズ量は、その他、例えば、1フレームの画像を幾つかの領域に分けて、各領域ごとに推定することも可能であるし、また、複数フレームについて共通に推定することも可能である。

【0142】

【発明の効果】

以上の如く、本発明の画像処理装置および画像処理方法によれば、入力画素の信頼性を表す入力信頼度と、出力画素の信頼性を表す出力信頼度が計算されるとともに、入力画素の動き量が検出され、その入力画素の動き量に基づいて、出力信頼度が補正される。そして、入力信頼度および補正された出力信頼度に基づいて、入力画素が処理され、出力画素が出力される。従って、入力画素から、ノイズを効果的に除去した出力画素を得ること等が可能となる。

【0143】

また、本発明のノイズ量推定装置およびノイズ量推定方法によれば、1画面を構成する画素それぞれについて、各画素を含む局所領域における分散が計算され、そのヒストグラムが生成される。そして、そのヒストグラムに基づいて、画素に含まれるノイズ量が求められる。従って、画素に含まれるノイズ量を、比較的精度良く推定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明を適用したNR処理回路の一実施の形態の構成例を示すブロック図であ

る。

【図2】

図1のNR処理回路の処理対象となる入力データと、その信頼度を示す図である。

【図3】

図1のNR処理回路の第1の詳細構成例を示すブロック図である。

【図4】

図3のノイズ計算部11の構成例を示すブロック図である。

【図5】

図3の入力信頼度計算部12の処理を説明するための図である。

【図6】

図3の出力信頼度計算部13の構成例を示すブロック図である。

【図7】

図3のNR処理回路の処理を説明するための図である。

【図8】

図3のNR処理回路の処理を説明するためのフローチャートである。

【図9】

入力信頼度の算出方法を説明するための図である。

【図10】

図1のNR処理回路の第2の詳細構成例を示すブロック図である。

【図11】

図10の動き量計算部16における動き量の算出方法を説明するための図である。

【図12】

図10の出力信頼度計算部13の構成例を示すブロック図である。

【図13】

ノイズ量を推定する対象とする入力画像を説明するための図である。

【図14】

ノイズ量を説明するための図である。

【図15】

本発明によるノイズ量の推定方法を説明するための図である。

【図16】

図10のノイズ量推定部1の他の構成例を示すブロック図である。

【図17】

図16のノイズ量推定部1によるノイズ量推定処理を説明するためのフローチャートである。

【図18】

原画像、ノイズ画像、入力画像それぞれのノイズ量のヒストグラムを示す図である。

【図19】

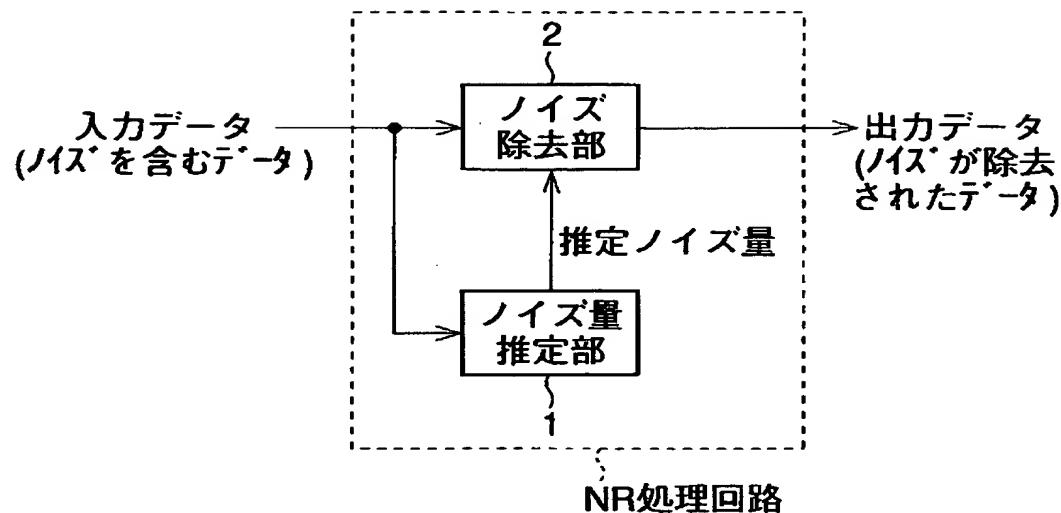
本発明によるノイズ量の推定を行ったシミュレーション結果を示す図である。

【符号の説明】

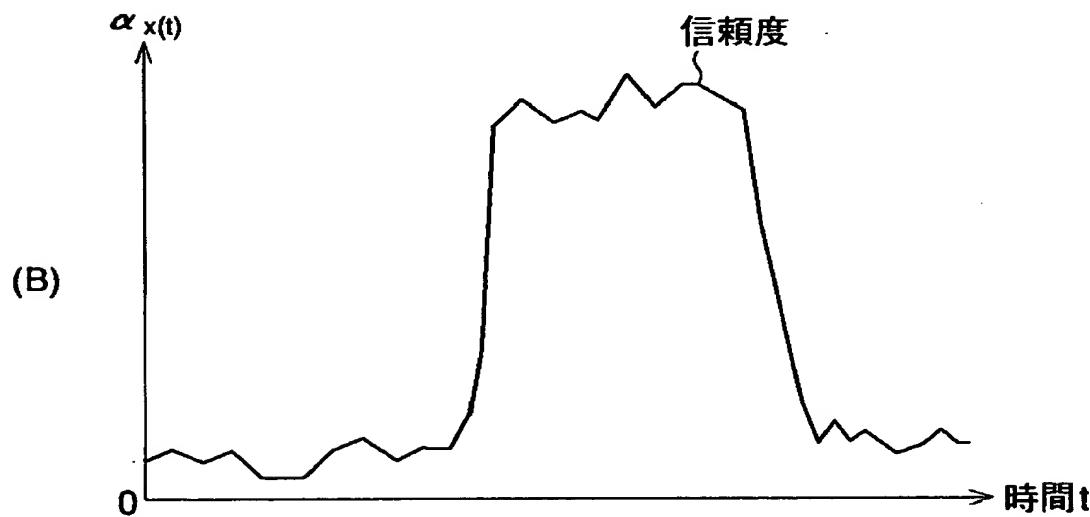
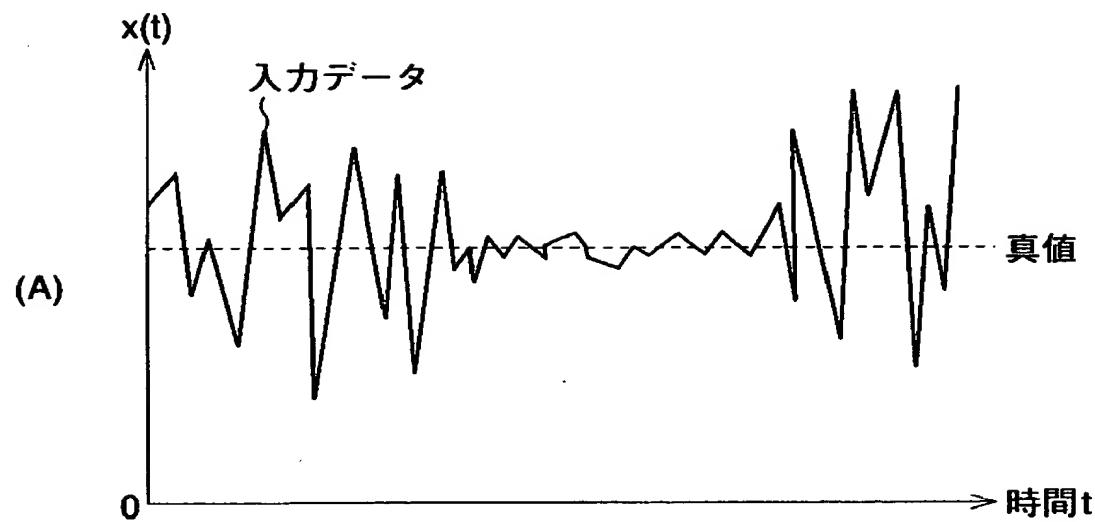
1 ノイズ量推定部, 2 ノイズ除去部, 11 ノイズ計算部, 111
乃至114 ラッチ回路, 12 入力信頼度計算部, 13 出力信頼度計算
部, 14 ラッチ回路, 15 重み計算部, 16 動き量計算部, 21
重み付け部, 22 演算器, 23 重み付け部, 24 演算器, 25
ラッチ回路, 31 平均値計算回路, 32 分散計算回路, 33 逆数
計算回路, 41, 51, 52 演算器, 61 フレームメモリ, 62 局
所領域分散計算部, 63 分散ヒストグラム保存用メモリ, 64 ヒストグ
ラム出力信号発生器, 65 スイッチ, 66 ピーク位置計算部

【書類名】図面

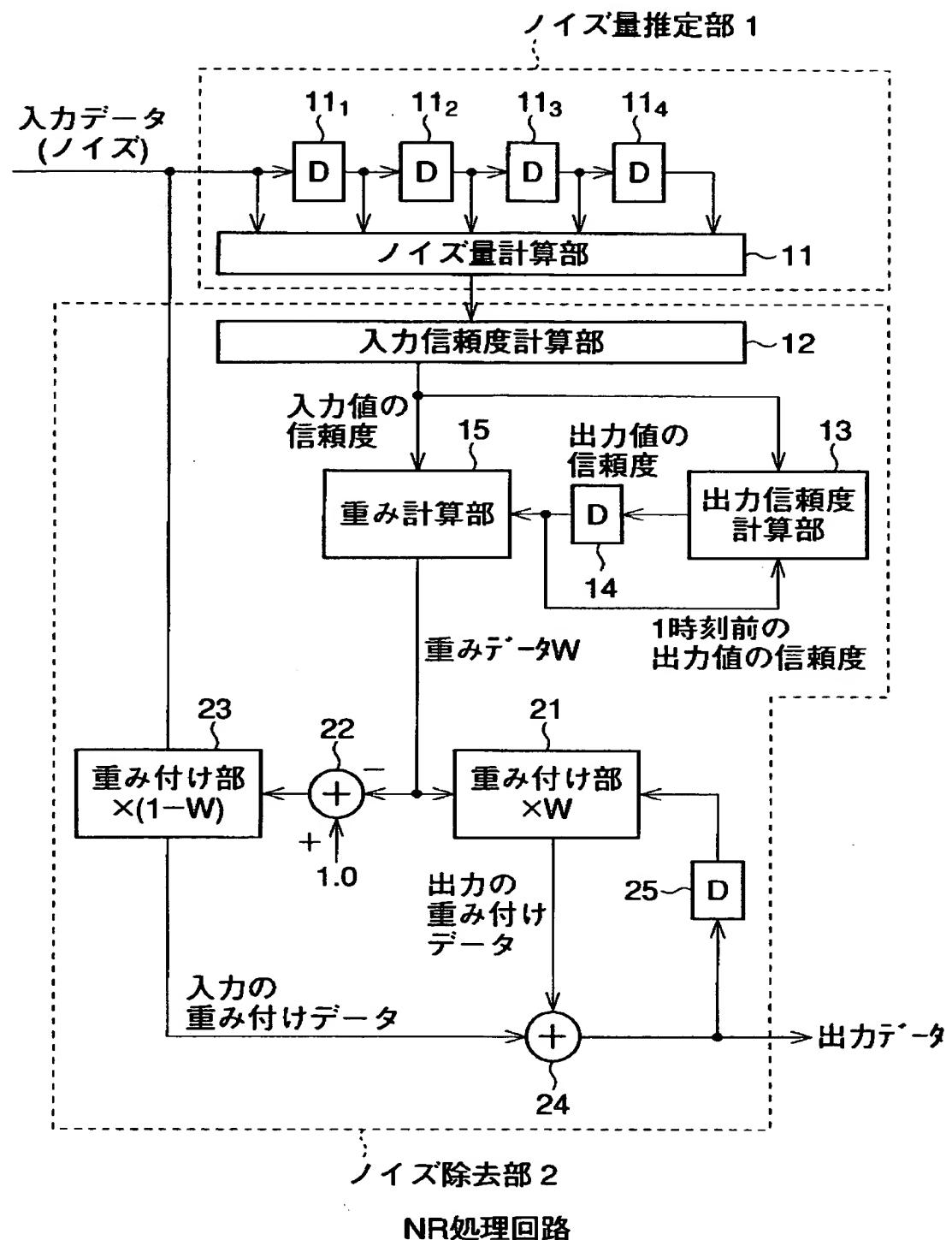
【図1】



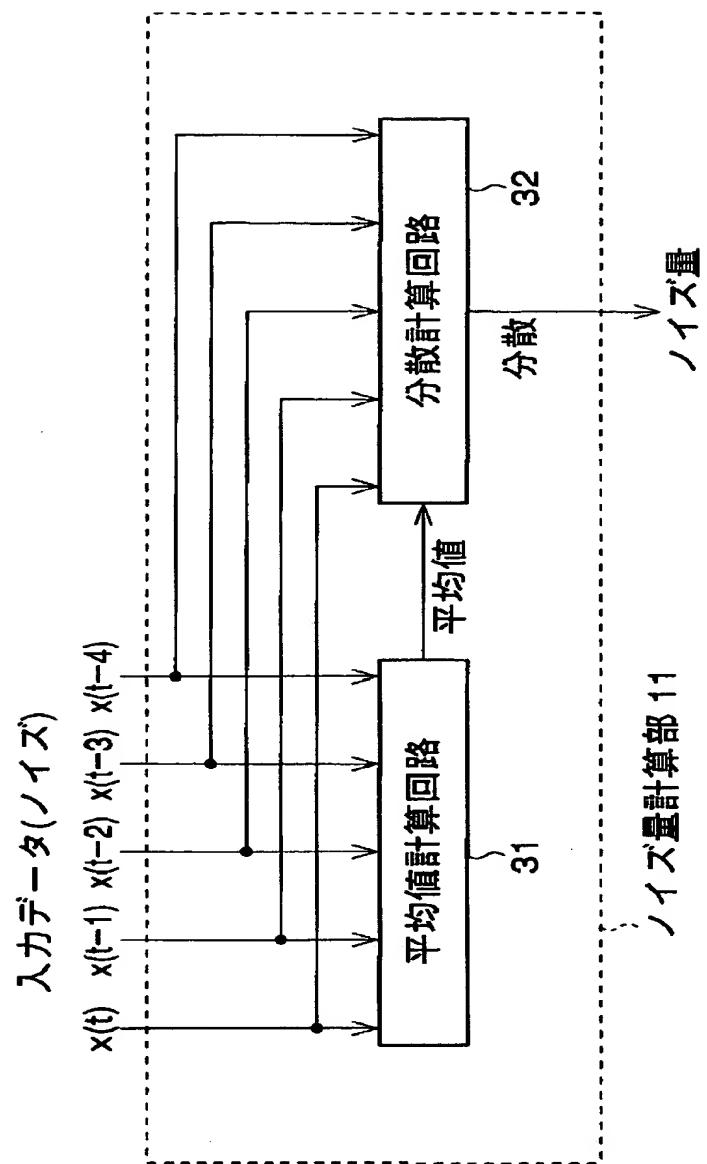
【図2】



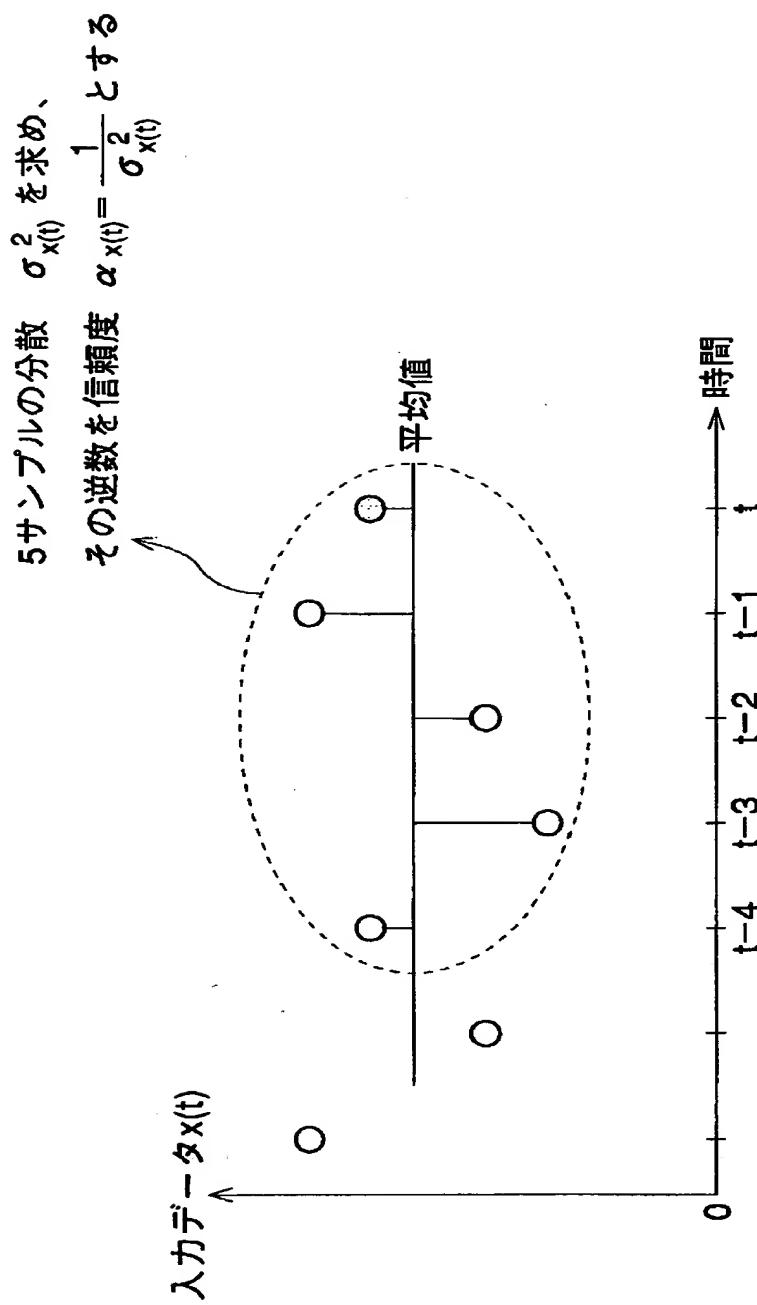
【図3】



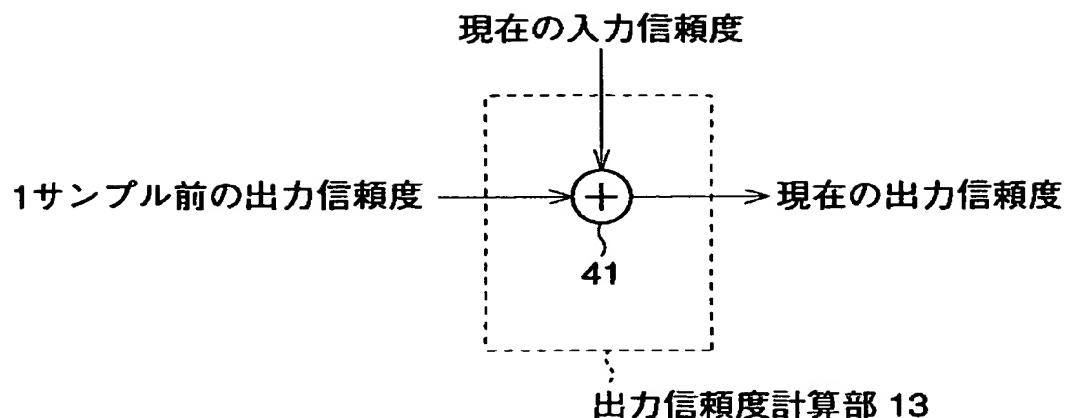
【図4】



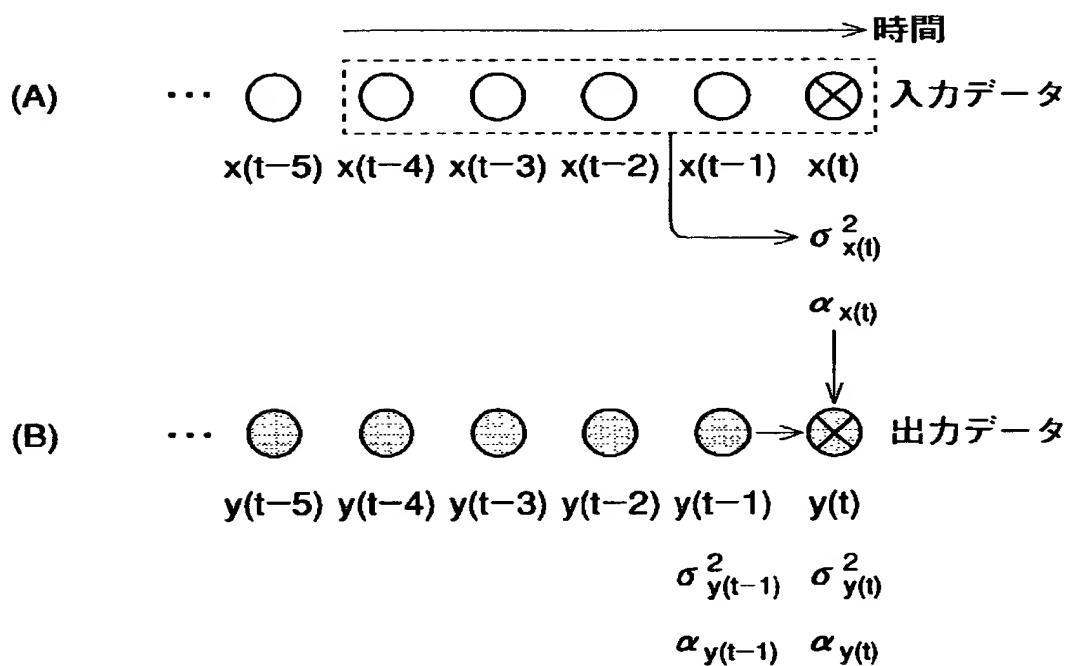
【図5】



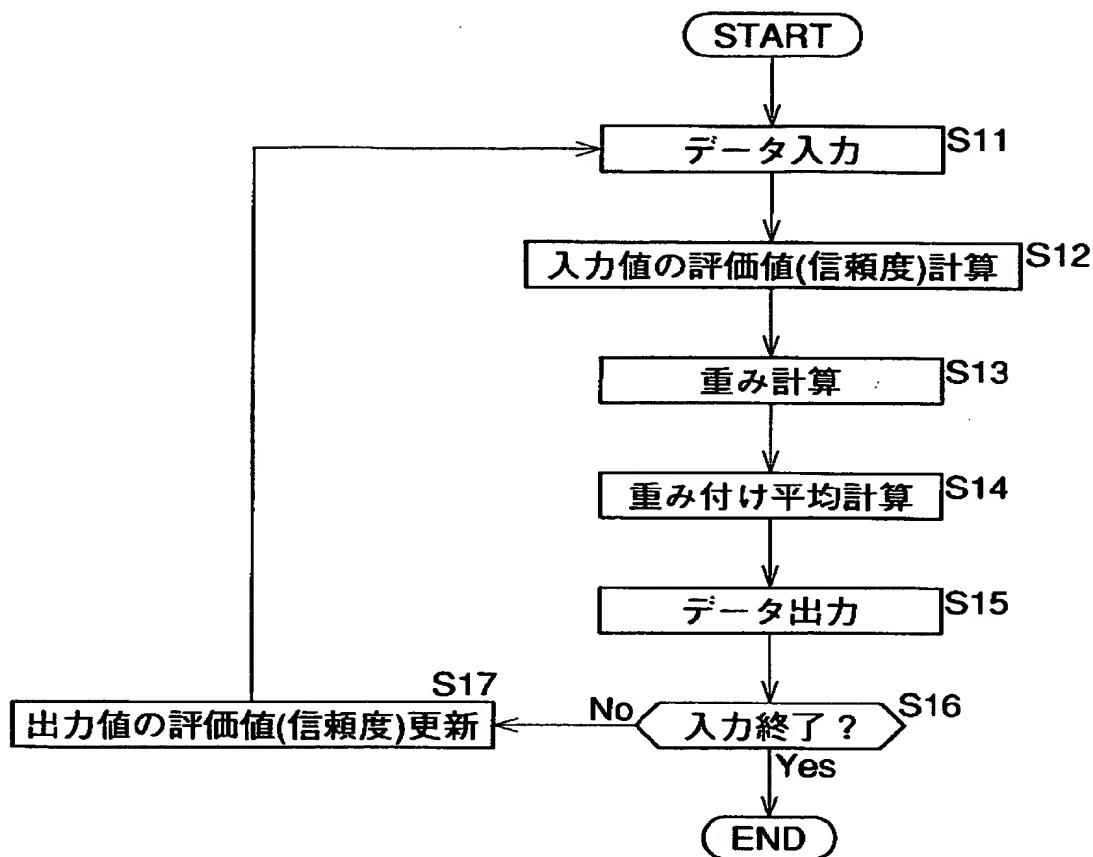
【図6】



【図7】

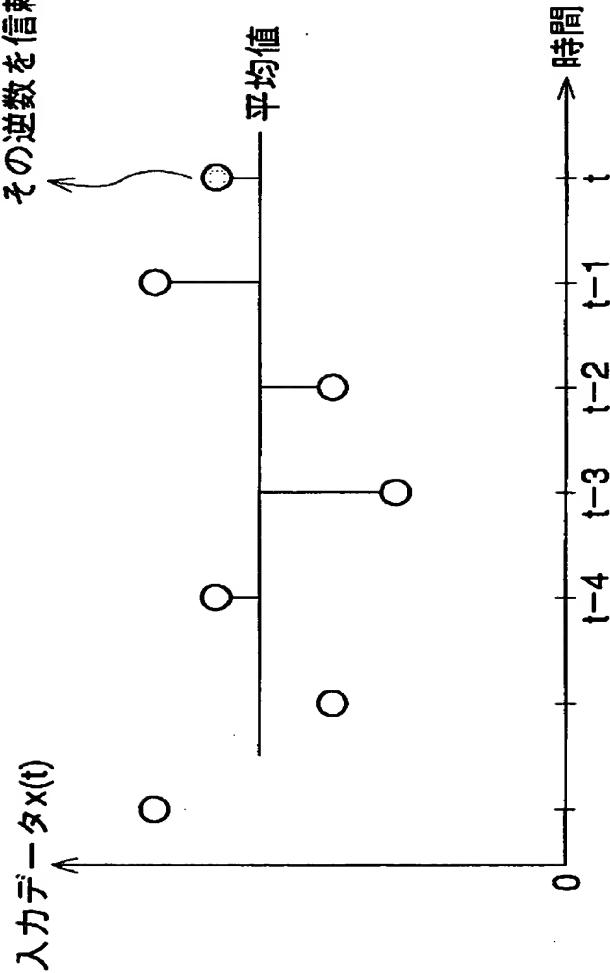


【図8】

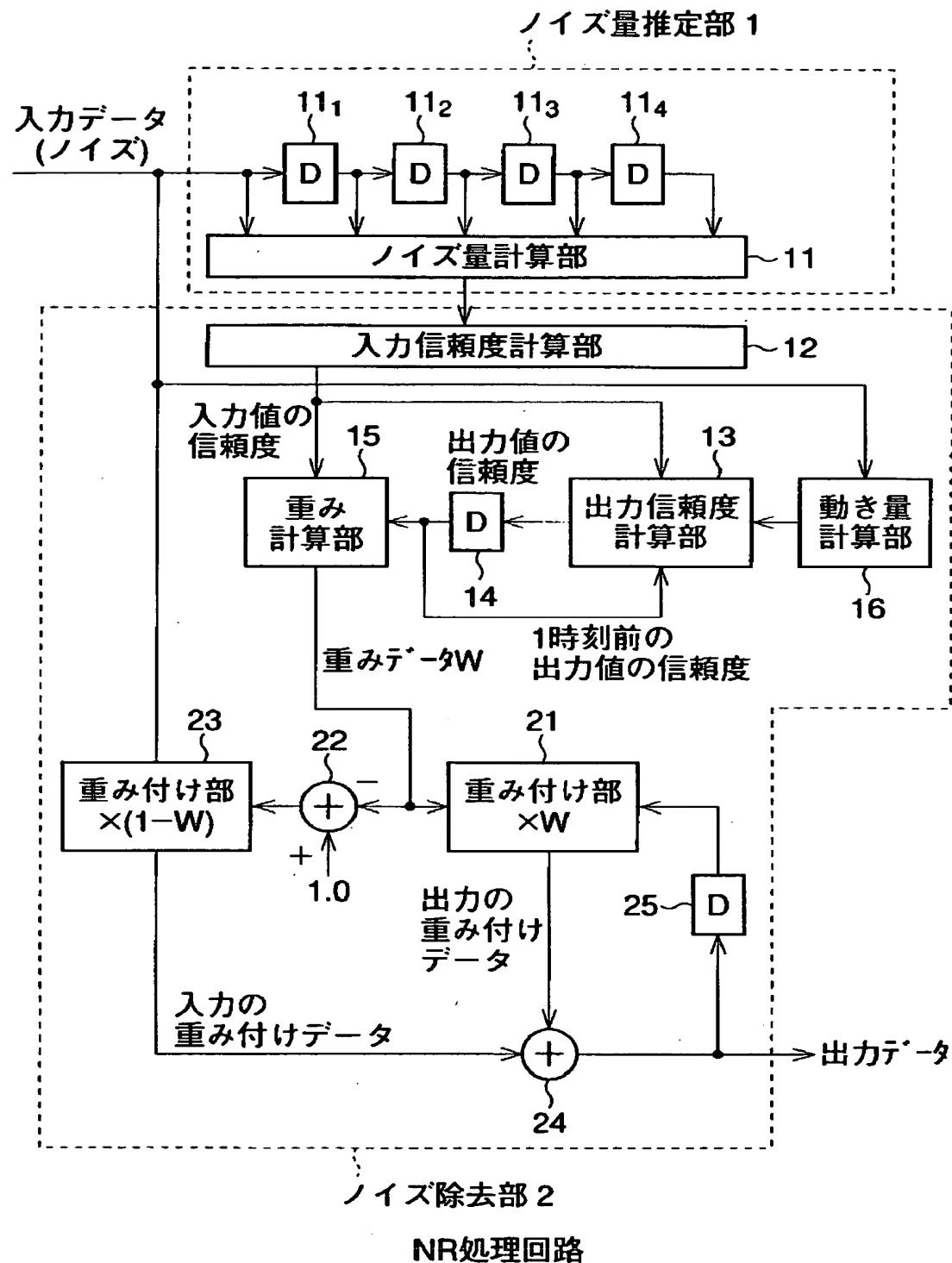


【図9】

平均値に対する自乗誤差 $d_{x(t)}^2$ を求め、
その逆数を信頼度 $\alpha_{x(t)} = \frac{1}{d_{x(t)}^2}$ とする

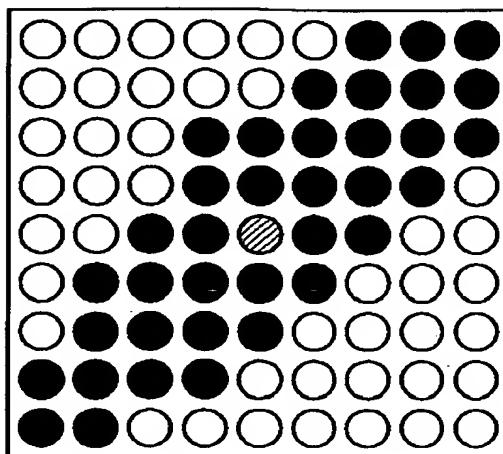


【図10】



【図11】

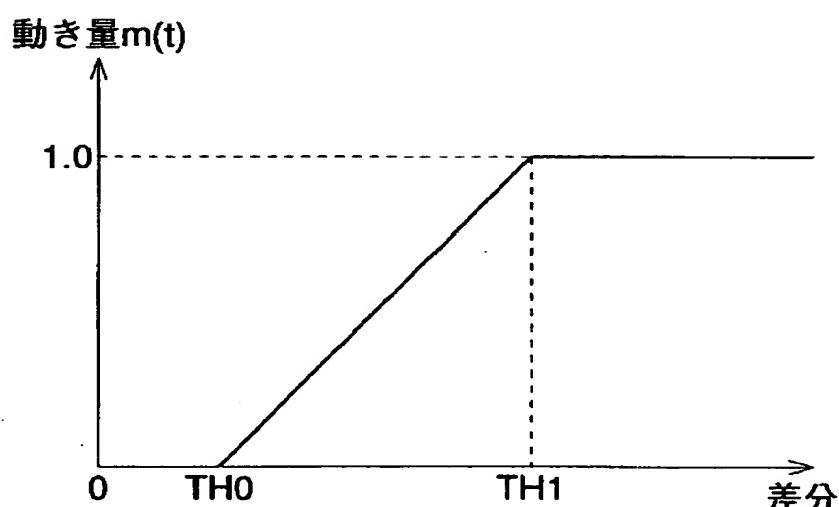
(A)



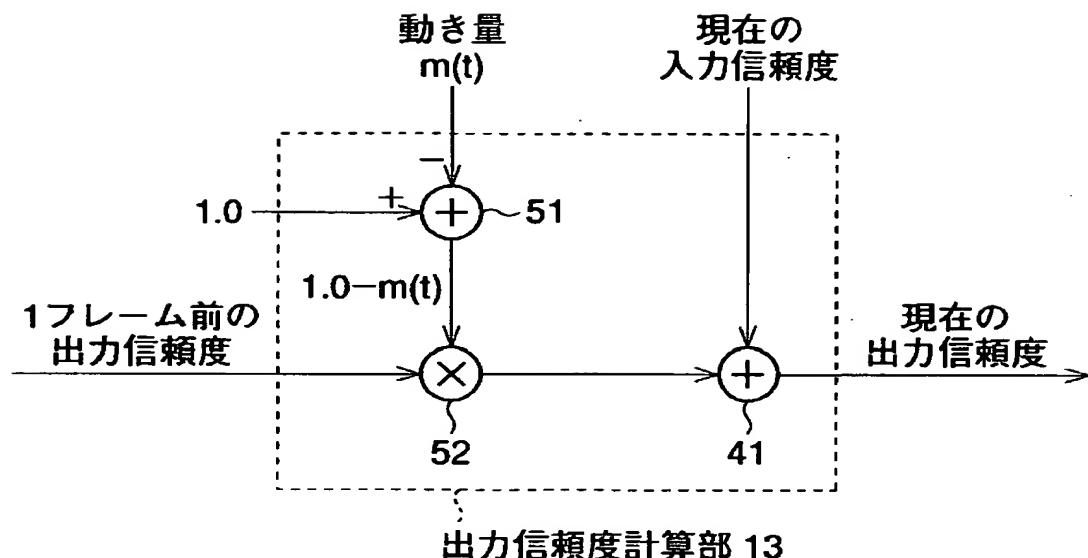
◎: 注目画素

●: 注目画素とのレベル差がしきい値以内の画素

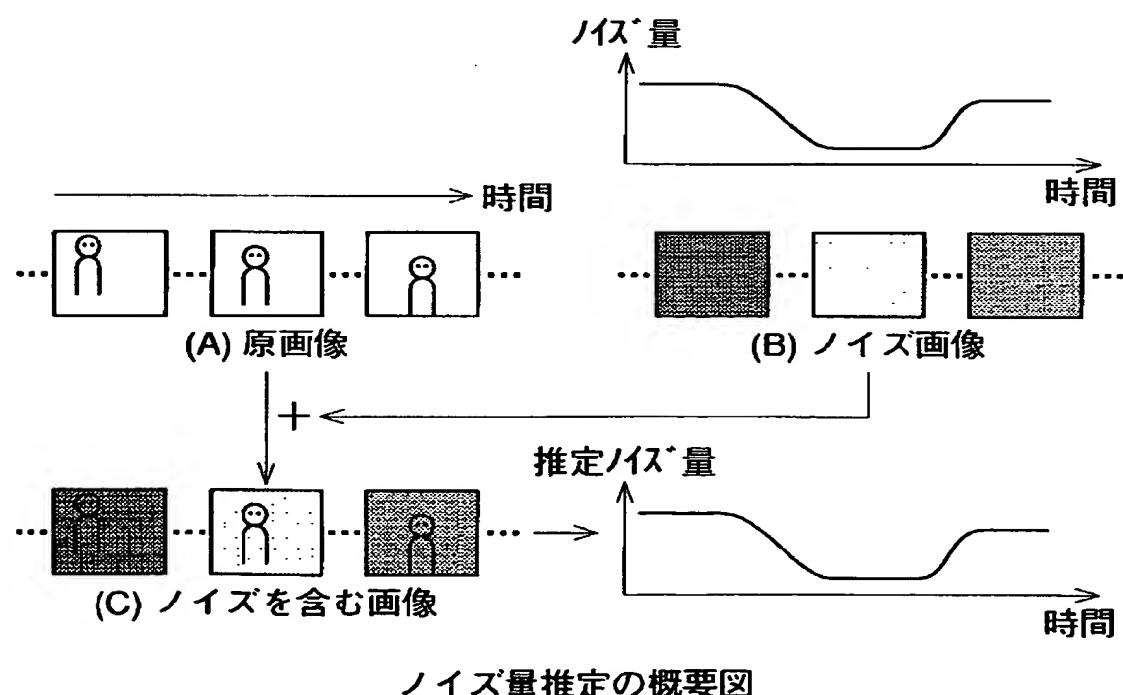
(B)



【図12】

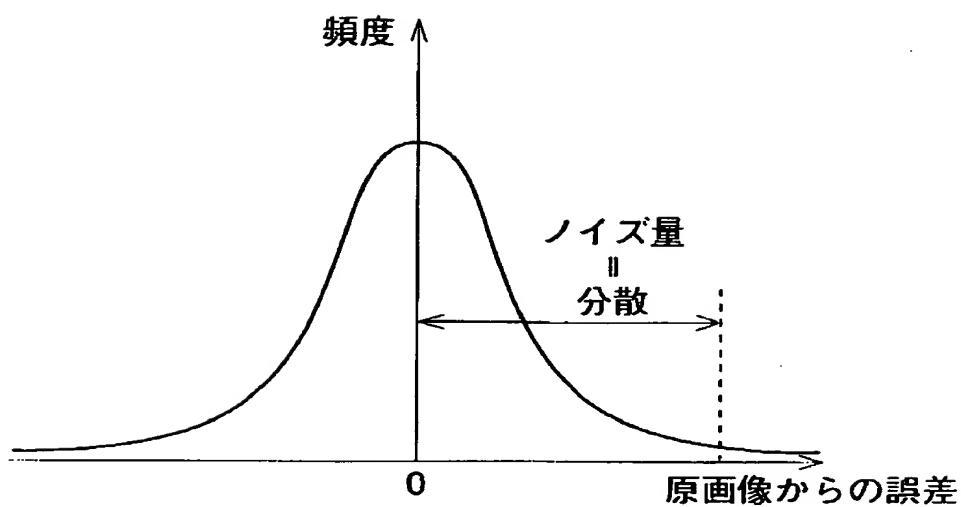


【図13】

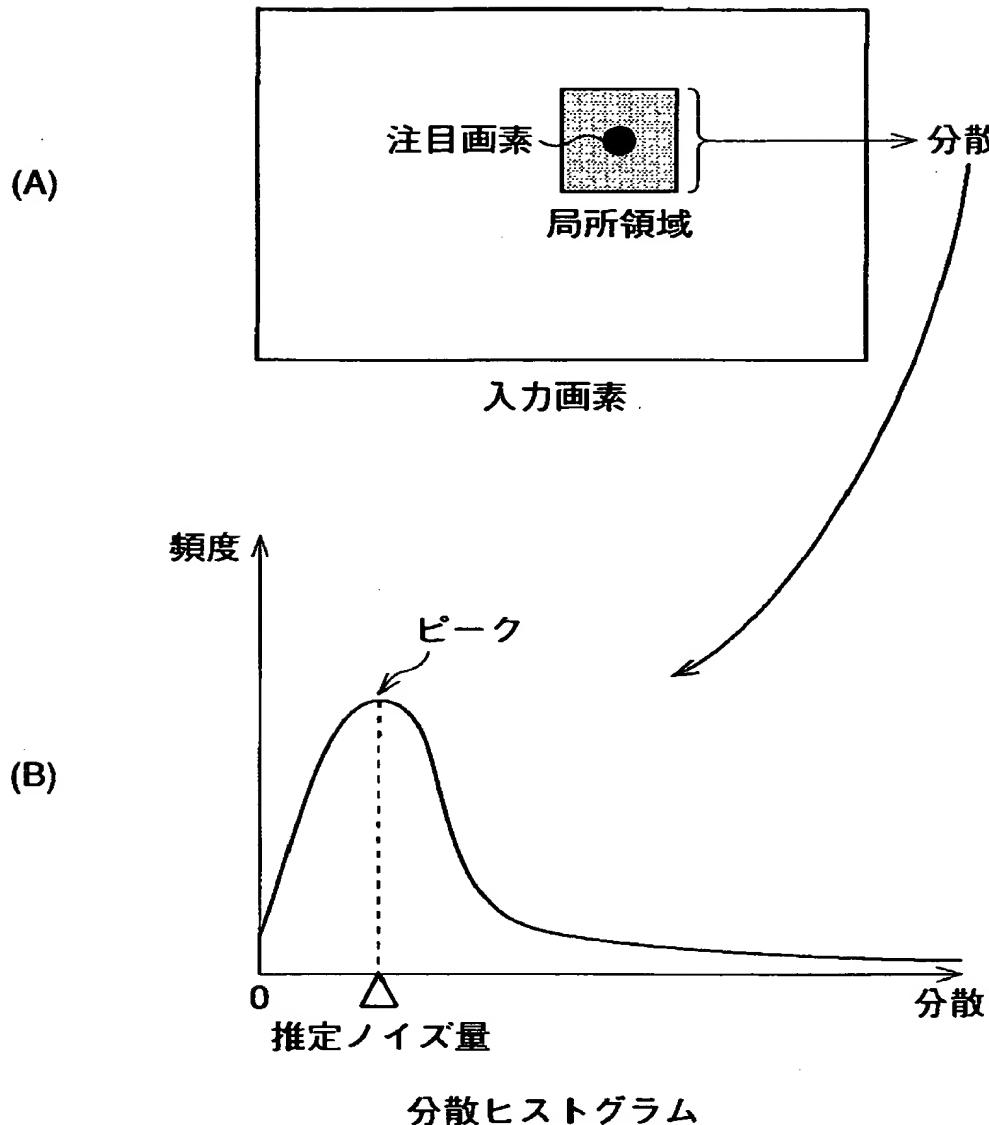


ノイズ量推定の概要図

【図14】

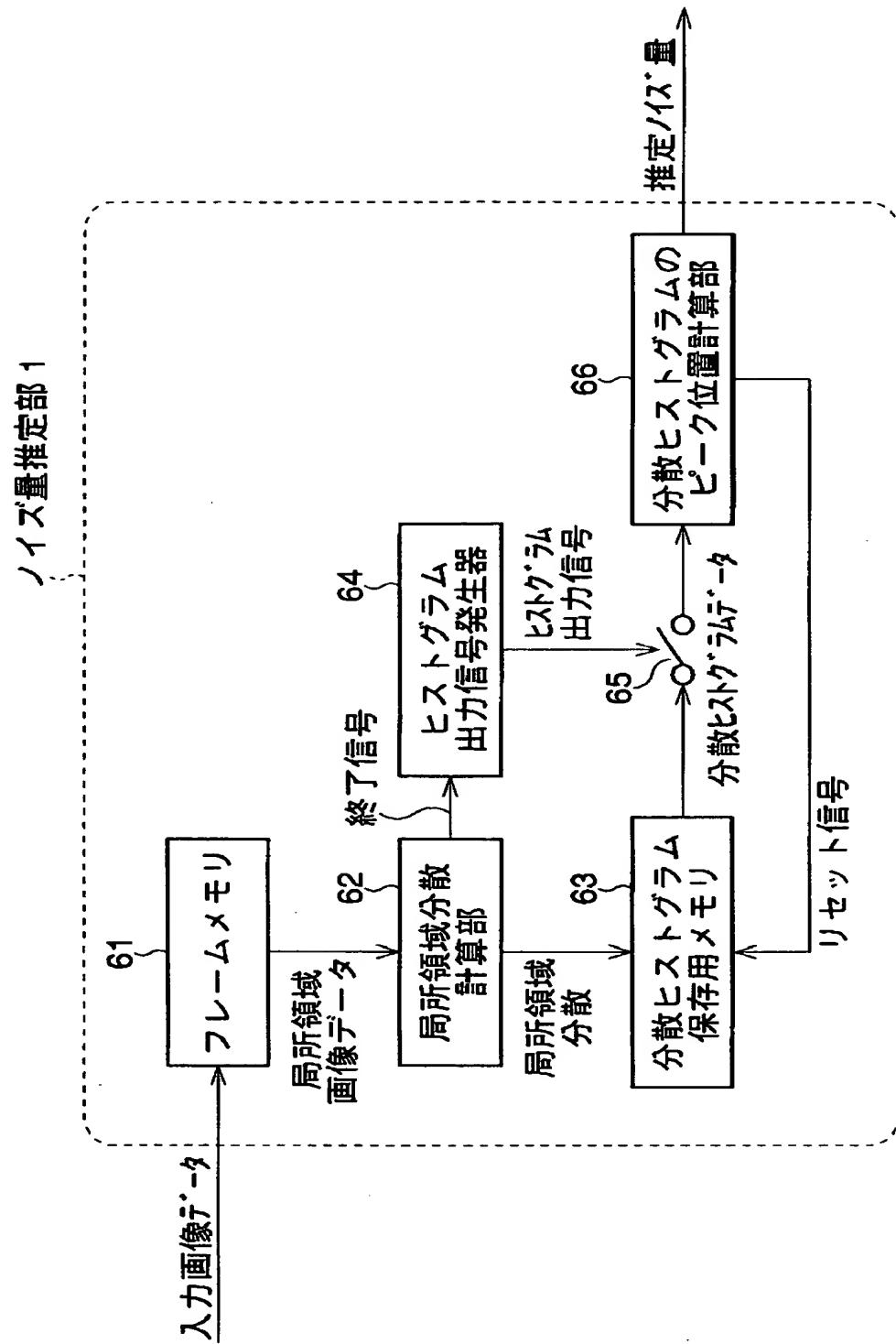


【図15】

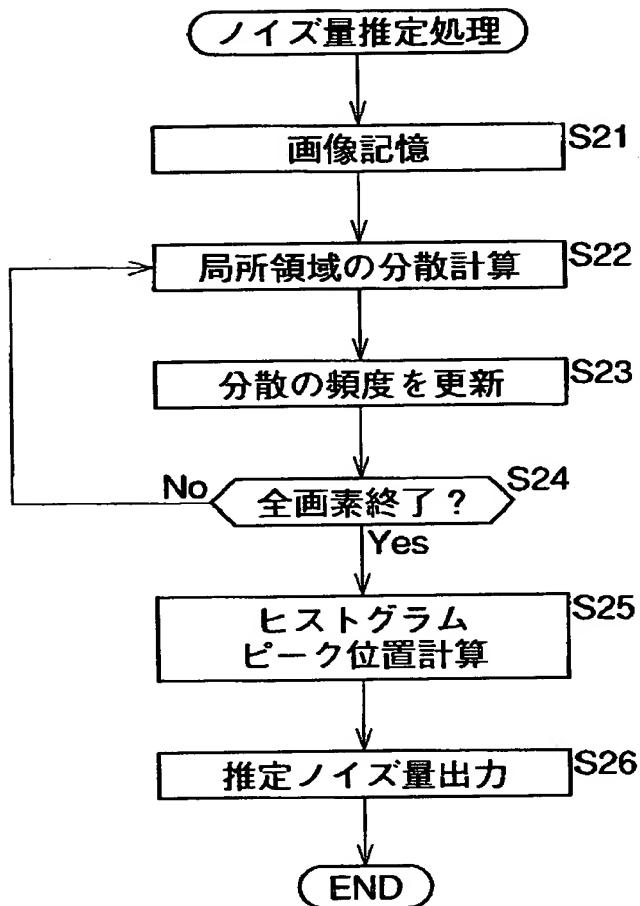


本発明におけるノイズ量推定の概要図

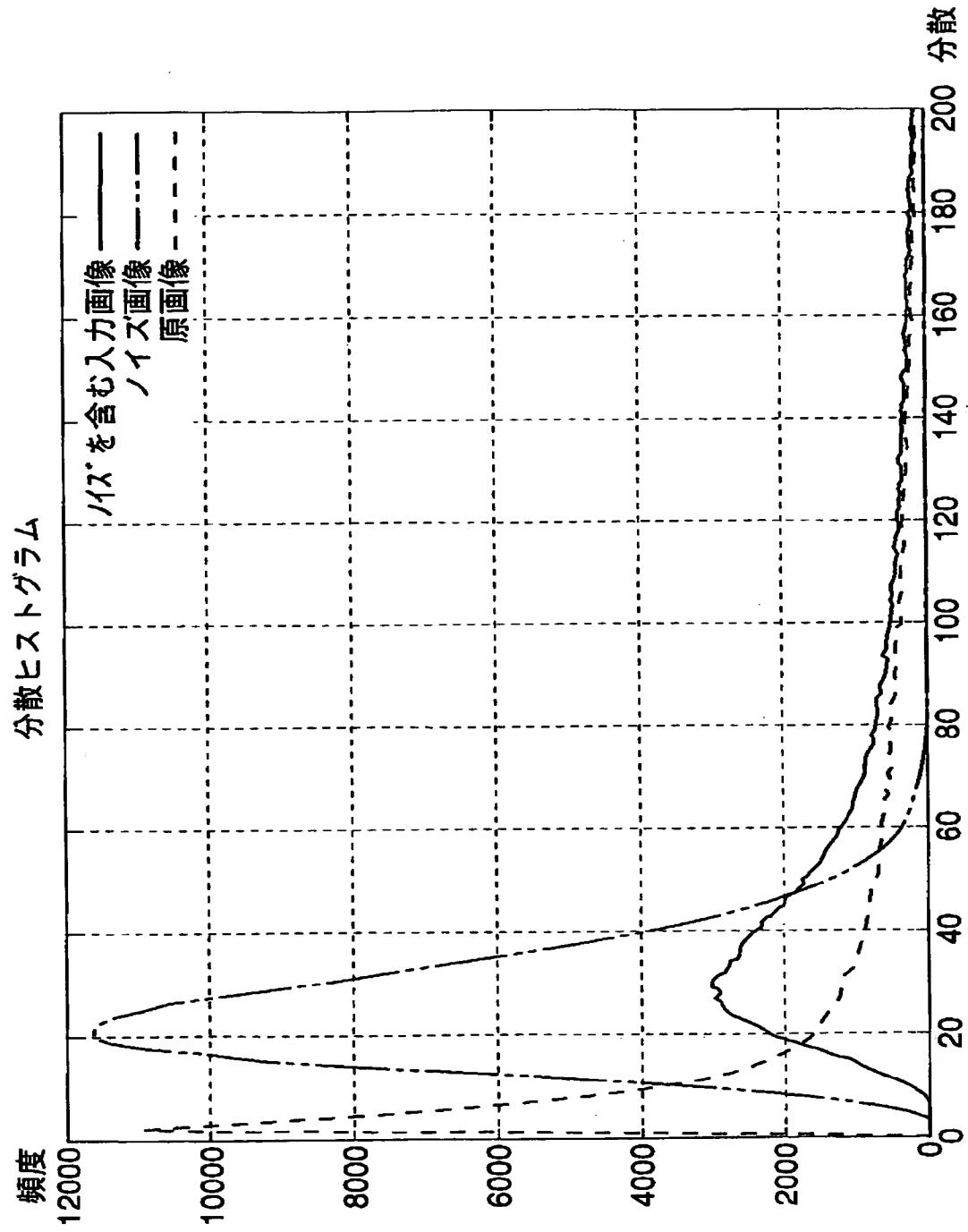
【図16】



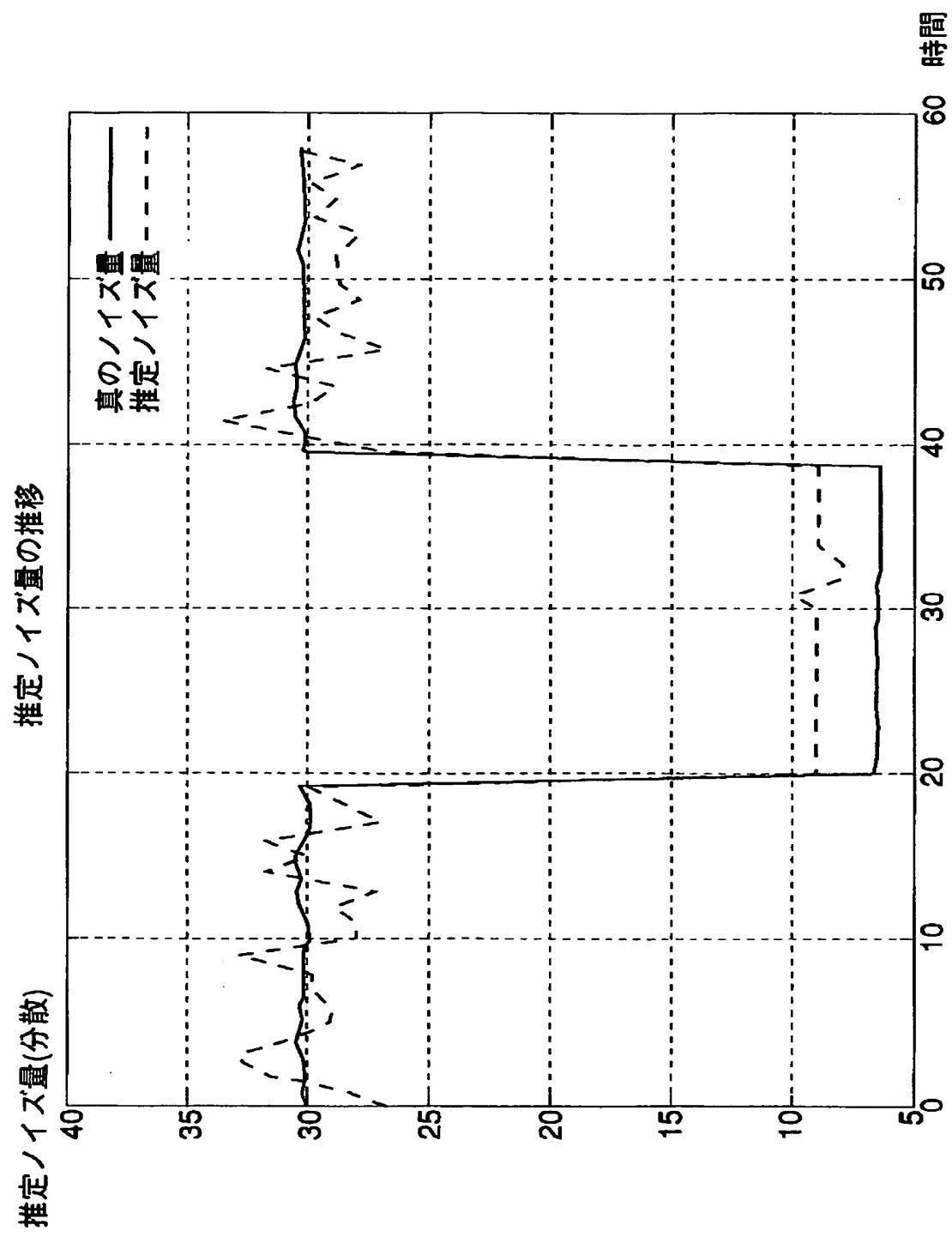
【図17】



【図18】



〔図19〕



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 動きのある画像から、ノイズを効果的に除去する。

【解決手段】 入力信頼度計算部12において、入力画素の信頼性を表す入力信頼度が計算されるとともに、動き量計算部16において、入力画素の動き量が検出される。さらに、出力信頼度計算部13において、入力画素の動き量に基づいて補正された、出力画素の信頼性を表す出力信頼度が求められる。そして、入力信頼度および補正された出力信頼度に基づいて、入力画素が処理され、これにより、その入力画素からノイズを除去した出力画素が求められる。

【選択図】 図10

出願人履歴情報

識別番号 [000002185]

1. 変更年月日 1990年 8月30日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都品川区北品川6丁目7番35号

氏 名 ソニー株式会社